Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 9-10 декабря 2021 г.)

Материалы конференции

Казань
2022

УДК621.313
ББК31.261
П75

Рецензенты:
д-р техн.наук,зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В.Г. Макаров
канд.техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.В. Максимов

Редакционная коллегия:
Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова,
О.В. Козелков, О.В. Цветкова

П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Национальной науч.-практ. конф. (Казань, 9–10 декабря 2021 г.): / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2021. 776 с.

ISBN978-5-89873-593-7

Опубликованы материалы VII Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1.Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.

2.Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.

3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.

4.Актуальные вопросы инженерного образования.

5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.

6.Светотехника.

7.Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.

8.Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем.

9. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и распределенной генерации.

10.Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN978-5-89873-593-7

© Казанский государственный энергетический университет, 2022 г

Секция 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

УДК 347.19

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Базыкин Сергей Николаевич[1], Базыкина Нелли Александровна[2],
Самохина Кристина Сергеевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия
[1]cbazykin@yandex.ru, [2]nelli.baz@mail.ru, [3]kristina.bazykina@mail.ru

Аннотация. В статье показано, что с акустооптический модулятор является одним из важных элементов гетеродинного лазерного интерферометра. Определены недостатки жидкостных акустооптических модуляторов. Разработаны конструкторско-технологические решения, которые обеспечивают необходимые характеристики работоспособности акустооптического модулятора.

Ключевые слова: акустооптическое преобразование, информационно-измерительная система, оптические и акустические волны, оптическая схема, энергия оптического излучения.

INVESTIGATION OF AN ACOUSTO-OPTIC MODULATOR FOR INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

Sergey Nikolaevich Bazykin[1], Nelli Aleksandrovna Bazykina[2],
Kristina Sergeevna Samohina[3]
[1,2,3]FGBOU VO «Penza State University», Penza, Russia
[1]cbazykin@yandex.ru, [2]nelli.baz@mail.ru, [3]kristina.bazykina@mail.ru

Abstract. *The article shows that the acousto-optic modulator is one of the important elements of a heterodyne laser interferometer. The disadvantages of liquid acousto-optic modulators are determined. Design and technological solutions, have been developed that provide the necessary performance characteristics of the acousto-optic modulator.*

Keywords: *acoustic-optical transformation, information-measuring system, optical and acoustic waves, optical circuit, optical radiation energy.*

Одним из основных элементов гетеродинного лазерного интерферометра является акустооптический модулятор. Он предназначен для частотной модуляции сигнала оптического гетеродина.

Физическая сущность метода заключается в оптическом гетеродинировании пространственно-временного спектра дифрагированной световой волны, одной из составляющих которого

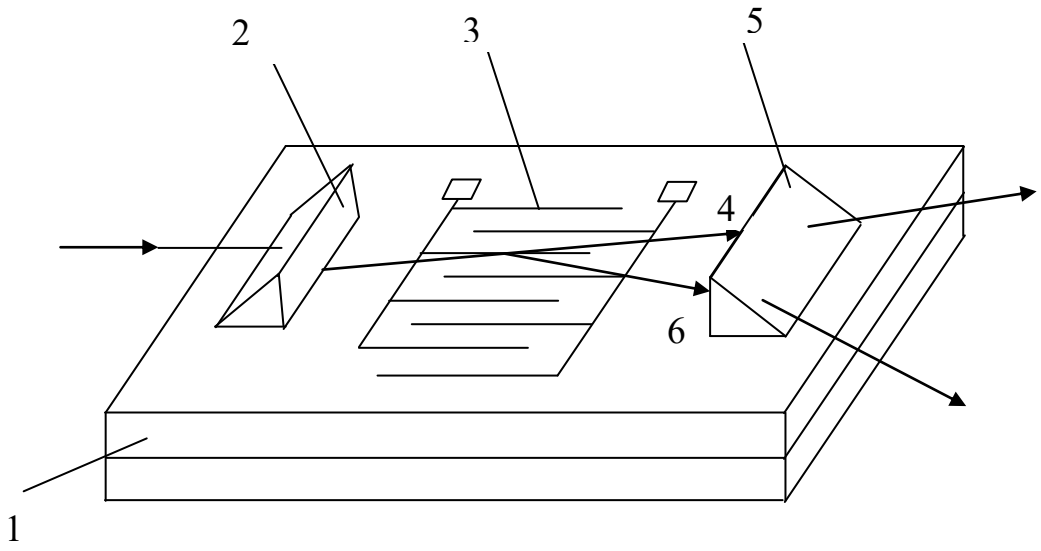
является пространственно-временной спектр ультразвукового поля [4, 5]. При этом методе информация об исследуемом ультразвуковом поле преобразуется в электрический сигнал разностной частоты, выделяемый на выходе фотоприемника. Измерение параметров акустооптического модулятора сводится к измерению амплитуды выходного электрического сигнала при перемещении исследуемого модулятора параллельно направлению распространения ультразвуковых волн [1, 3].

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Одним из недостатков жидкостных акустооптических модуляторов является то, что в результате химического взаимодействия материала светозвукопровода и материалов элементов акустооптического модулятора происходит изменение физических параметров модулятора.

2. Наличие в модуляторе жидкости приводит к задаче герметизации камеры акустооптического модулятора.

На рисунке приведена схема акустооптического модулятора на поверхностных акустических волнах.



Акустооптический модулятор на поверхностных акустических волнах

Свет лазера вводится в пленочный волновод 1 (см. рисунок) с помощью призменного элемента связи 2 и выводится с помощью другого призменного элемента 5. На поверхность волновой пленки нанесена встречно-штыревая система электродов 3, к которой приложено напряжение. Последнее создает в волновод периодическое поле, которое формирует решетку из областей с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления волновой пленки. Вследствие

дифракции на этой решетке энергия плоского колебания 4 частично преобразуется в энергию колебания 6 с иным направлением распространения [2].

Источник плоских ультразвуковых волн требует подачи на него напряжения с высокой несущей частотой порядка 120 *МГц*, что создает определенные трудности при преобразовании оптического сигнала в электрический и дальнейшей его обработки.

Также при использовании модулятора на поверхностных акустических волнах возникает трудность согласования светового пучка в свободном пространстве и его вхождения на поверхность пленки, хотя и модуляторы снабжены призменными элементами.

При определенных достоинствах интегральных модуляторов, они не нашли широкого применения прежде всего из-за технологических трудностей, связанных с их реализацией.

В результате исследования разработаны конструкторско-технологические решения, которые исключают основные недостатки жидкостных акустооптических модуляторов и обеспечивают необходимые характеристики его работоспособности. При этом установлены основные соотношения конструктивных элементов акустооптического модулятора.

Источники

1. Ахманов С.А., Никитин С.Д. Физическая оптика /М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. 656 с.

2. Базыкин С.Н. Информационно-измерительные системы на основе интерферометров: моногр. / С.Н Базыкин; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Васильева. Пенза: изд-во ПГУ, 2014. 132 с.

3. Базыкин С.Н., Базыкина Н.А., Кривулин Н.П. Принципы построения и состояние производства информационно-измерительных систем линейных перемещений // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1; URL: http://www.science-education.ru/121-17219.

4. Базыкин С.Н. Проблемы информационного обеспечения систем с использованием оптоэлектронных средств измерения линейных перемещений // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; URL: http://www.science-education.ru/120-16173.

5. Базыкин С.Н., Капезин С.В., Базыкина Н.А., Самохина К.С. Лазерные измерительные системы с пространственно-временной разверткой интерференционного поля // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2015. № 2. С. 156-161.

УДК 681.3:62-52

СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИОМЕТРОМ

Белоногов Никита Валерьевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Аннотация: В работе рассматривается система контроля температуры с применением автоматического потенциометра и термоэлектрического измерительного преобразователя. Описан принцип работы следящей системы, состав и назначение её элементов. Приведены основные соотношения, характеризующие работу системы, показана необходимость синтеза корректирующего устройства.

Ключевые слова: автоматический потенциометр, термопара, следящая система, контроль.

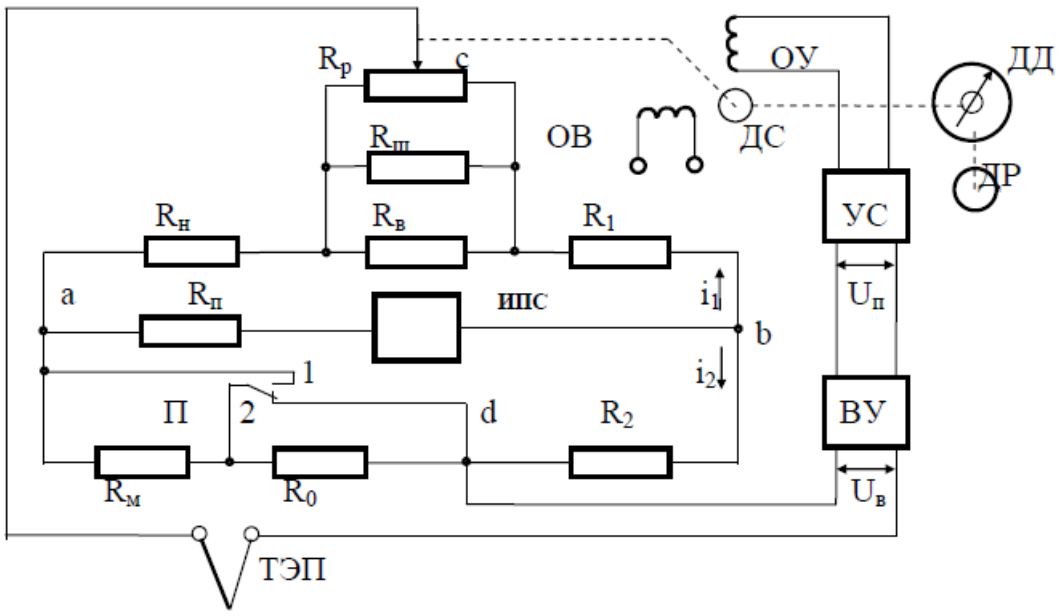
TRACKING TEMPERATURE CONTROL SYSTEM WITH AUTOMATIC POTENTIOMETER

Belonogov Nikita Valerievich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Abstract: *The paper considers a temperature control system using an automatic potentiometer and a thermoelectric measuring converter. The principle of operation tracking system, the composition and purpose of its elements are described. The main relations characterizing the operation of the system are given, the need for the synthesis of the correcting device is shown.*

Keywords: *automatic potentiometer, thermocouple, tracking system, control.*

Следящая система контроля температуры с применением автоматического потенциометра [1, 2, 3] состоит из усилителя УС и электродвигателя ДС, кинематически связанного с движком реохорда $R_{\text{р}}$. Информация об изменении температуры регистрируется самописцем на основе устройства перемещения диаграммного диска ДД, приводимого в движение электродвигателем ДР.



Измерительная схема автоматического потенциометра

Напряжение $U_{\text{в}}$ на входном устройстве (ВУ) формируется в виде разности термоЭДС $E_{\text{т}}$ термопары ТЭП и падения напряжения на части m эквивалентного сопротивления $R_{\text{э}}$ реохорда при протекании тока i_1. Эквивалентное сопротивление состоит из параллельных резисторов $R_{\text{р}}$, $R_{\text{ш}}$, $R_{\text{в}}$ и сопротивления $R_{\text{н}}$. В формировании $U_{\text{в}}$ также принимает участие падение напряжения на резисторе $R_{\text{м}}$ за счет тока i_2. При этом напряжение на входном устройстве:

$$U_{\text{в}} = E_{\text{т}} - i_1\left(mR_{\text{э}} + R_{\text{н}}\right) - i_2 R_{\text{м}}.$$

Если термоЭДС определяется выражением

$$E_{\text{т}} = i_1\left(mR_{\text{э}} + R_{\text{н}}\right) + i_2 R_{\text{м}}, \qquad (1)$$

то напряжение $U_{\text{в}} = 0$, управляющее напряжение на электродвигатель ДС не поступает и движок $R_{\text{р}}$, а также стрелка измерительного прибора неподвижны. Потенциометр находится в равновесном состоянии.

В случае минимального значения измеряемой температуры движок реохорда находится в крайнем левом положении, а стрелка прибора – на нулевой отметке шкалы [4, 5].

При увеличении температуры, термоЭДС растет и появляется напряжение небаланса, которое усиливается усилителем и поступает на обмотку управления реверсивного электродвигателя ДС. Двигатель переме-

щает движок $R_{\text{р}}$ в направлении уменьшения рассогласования. При достижении равновесия напряжение на выходе ВУ $U_{\text{п}} = 0$ и электродвигатель отключается, а измерительный прибор показывает измеряемую температуру.

При уменьшении температуры процедура повторяется в противоположном направлении и после достижения равновесного состояния потенциометрический измерительный прибор вновь укажет значение изменившейся температуры.

Рассогласование возникает вследствие изменения термоЭДС $E_{\text{т}}$ и нарушения равенства (1). Напряжение $U_{\text{в}}$ преобразуется входным устройством в напряжение переменного тока $U_{\text{п}}$, которое усиливается УС до величины напряжения трогания. Двигатель ДС кинематически связан с движком реохорда и устанавливает его в новое состояние равновесия, сводя рассогласование к нулю. При этом стрелка прибора и перо самописца перемещаются в новое положение, соответствующее значению измеряемой температуры.

Источники

1. Малёв Н.А. Расчет и исследование астатического электропривода малой мощности. Казань: Практикум / Казан. гос. энерг. ун-т, 2011. – 127 с.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 312 с.

3. Погодицкий О.В., Малёв Н.А., Ахунов Д.Д., Цветков А.Н. Расчёт и моделирование электроприводов с регуляторами различной конфигурации: Лабораторный практикум. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014.

4. Арменский Е. В., Фалк Г. Б. Электрические микромашины. – М.: Высш. шк. 1985.

5. Малёв Н.А., Маямсина Д.Г. Синтез градиентной системы управления с настраиваемой моделью объекта. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013; №11-12:84-90.

УДК 62-52

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО ФИЛЬТРА ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Белоногов Никита Валерьевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Аннотация: В работе рассматриваются различные конфигурации корректирующих аналоговых фильтров-прототипов для системы контроля температуры с автоматическим потенциометром. Проведено моделирование системы и определена конфигурация фильтра, обеспечивающая наилучшие качественные и точностные показатели измерительной системы. Произведена дискретная аппроксимация аналогового фильтра с получением уравнений, позволяющих реализовать алгоритм фильтрации с применением микропроцессорной техники.

Ключевые слова: аналоговый фильтр-прототип, синтез, следящая система, дискретная аппроксимация.

SYNTHESIS DIGITAL CORRECTIVE FILTER OF A POTENTIOMETRIC CONTROL SYSTEM TEMPERATURE

Belonogov Nikita Valerievich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Abstract: *The paper discusses various configurations of correcting analog prototype filters for a temperature control system with an automatic potentiometer. Modeling of the system was carried out and the configuration of the filter was determined, which provides the best quality and accuracy indicators of the measuring system. A discrete approximation of an analog filter has been made to obtain equations that make it possible to implement a filtration algorithm using microprocessor technics.*

Keywords: *analog filter prototype, synthesis, tracking system, discrete approximation.*

Синтез корректирующего фильтра измерительной системы осуществлялся на основе критерия динамической точности [1, 2] с применением аналитического и графоаналитического методов. Были получены следующие конфигурации аналоговых фильтров-прототипов:

1) ПИД-фильтр

$$W_1(s) = \frac{K_1(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}{T_1 s(T_3 s + 1)};$$

2) ПИД-фильтр с дифференцирующим контуром

$$W_1'(s) = \frac{K_1(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}{T_1 s(T_3 s + 1)} \cdot \frac{T_{\text{ку1}} s + 1}{T_{\text{ку2}} s + 1};$$

3) фильтр, полученный аналитическим способом

$$W_2(s) = \frac{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s}{d_4 s^4 + d_3 s^3 + d_2 s^2};$$

4) фильтр, полученный аналитическим способом с дифференцирующим контуром

$$W_2'(s) = \frac{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s}{d_4 s^4 + d_3 s^3 + d_2 s^2} \cdot \frac{T_{\text{ку1}} s + 1}{T_{\text{ку2}} s + 1}.$$

Результаты моделирования системы контроля представлены на рис. 1. Порядковый номер графиков соответствует порядковому номеру вариантов построения фильтров.

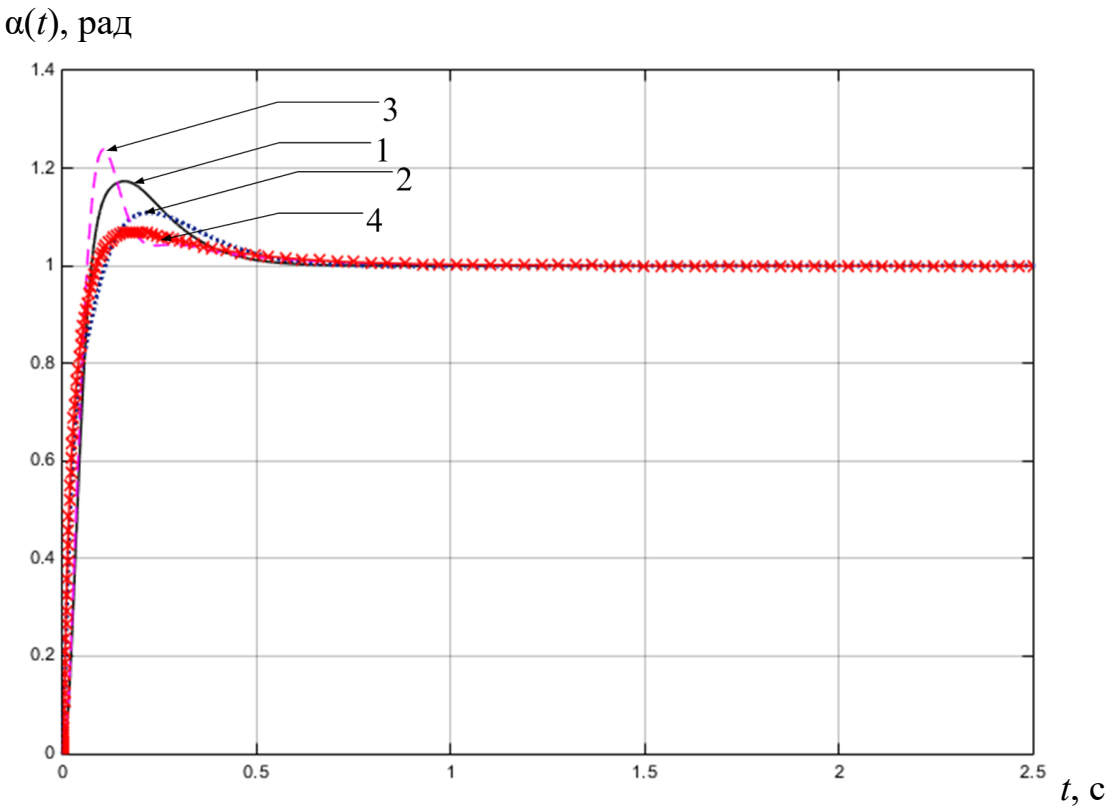


Рис. 1 Переходные характеристики системы

Из анализа графиков видно, что наиболее предпочтительным и отвечающим требованиям задания является четвертый вариант структуры ре-

гулятора. При этом потенциометрическая система отрабатывает ступенчатое воздействие $\alpha_з$, пропорциональное измеряемой температуре примерно за 0,8 с с перерегулированием $\sigma = 7\%$ и числом колебаний $N < 1$.

Установившаяся ошибка системы не превышает заданной величины, что следует из метода синтеза фильтров [1, 2, 3].

Таким образом, в качестве корректирующего устройства принимаем регулятор с передаточной функцией

$$W_2'(s) = \frac{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s}{d_4 s^4 + d_3 s^3 + d_2 s^2} \cdot \frac{T_{\text{ку1}} s + 1}{T_{\text{ку2}} s + 1} =$$

$$= \frac{5{,}196 \cdot 10^{-4} s^5 + 6{,}256 \cdot 10^{-2} s^4 + 3{,}4745 s^3 + 72{,}333 s^2 + 226{,}1 s}{3{,}665 \cdot 10^{-5} s^5 + 0{,}371692 s^4 + 52{,}0727 s^3 + 1527 s^2}.$$

Переходим к дискретной аппроксимации аналогового фильтра-прототипа. Дискретная передаточная функция регулятора получена с применением билинейного преобразования [4, 5]:

$$W_2'(z) = \frac{U_{\text{цр}}(z)}{\Delta U_\alpha(z)} = \frac{B(z)}{D(z)} = \frac{b_4 z^4 + b_3 z^3 + a_2 z^2 + b_1 z + b_0}{z^4 + d_3 z^3 + d_2 z^2 + d_1 z + d_0} =$$

$$= \frac{2{,}3416 z^4 - 9{,}086 z^3 + 13{,}2234 z^2 - 8{,}5551 z + 2{,}076}{z^4 - 2{,}1973 z^3 + 0{,}8225 z^2 + 0{,}9532 z - 0{,}5785}.$$

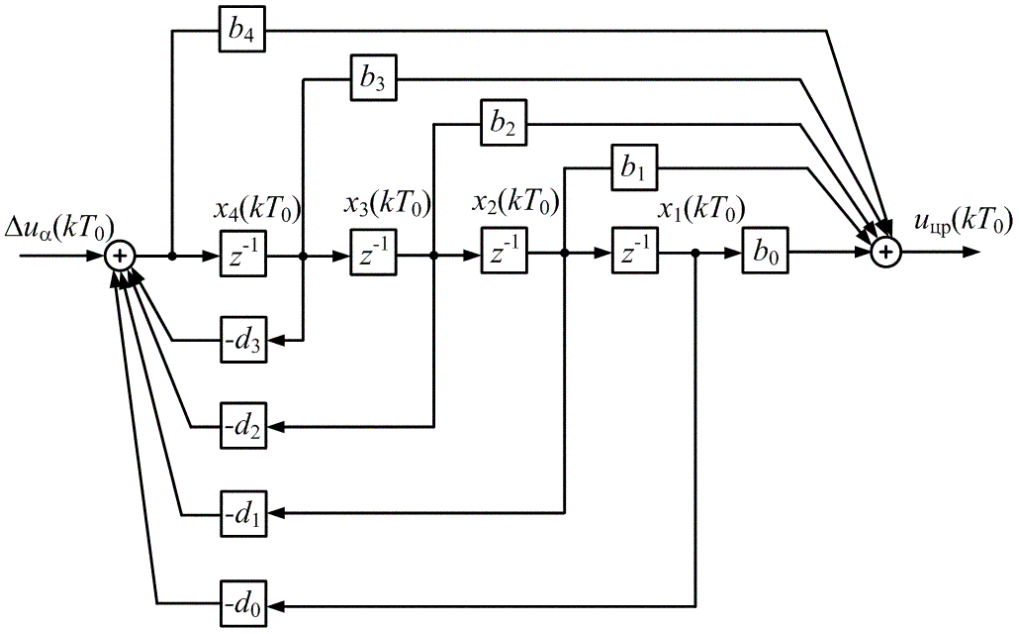


Рис. 2. Структурная схема непосредственного программирования цифрового фильтра

По схеме программирования, представленной на рис. 2, находим уравнения состояния

$$x_1\left[(k+1)T_0\right]=x_2(kT_0);$$
$$x_2\left[(k+1)T_0\right]=x_3(kT_0);$$
$$x_3\left[(k+1)T_0\right]=x_4(kT_0);$$
$$x_4\left[(k+1)T_0\right]=-d_0x_1(kT_0)-d_1x_2(kT_0)-d_2x_3(kT_0)-d_3x_4(kT_0)+\Delta u_\alpha(kT_0)$$

и уравнение выхода

$$u_{\text{цр}}(kT_0)=(b_0-d_0b_4)x_1(kT_0)+(b_1-d_1b_4)x_2(kT_0)+$$
$$+(b_2-d_2b_4)x_3(kT_0)+(b_3-d_3b_4)x_4(kT_0)+b_4\Delta u_\alpha(kT_0).$$

Векторно-матричная форма уравнений цифрового фильтра потенциометрической измерительной системы с астатизмом второго порядка имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x_1\left[(k+1)T_0\right] \\ x_2\left[(k+1)T_0\right] \\ x_3\left[(k+1)T_0\right] \\ x_4\left[(k+1)T_0\right] \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -d_4 & -d_3 & -d_2 & -d_1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(kT_0) \\ x_2(kT_0) \\ x_3(kT_0) \\ x_4(kT_0) \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}\Delta u_\alpha(kT_0);$$

$$u_{\text{цр}}(kT_0)=\begin{bmatrix} b_0-d_0b_4 & b_1-d_1b_4 & b_2-d_2b_4 & b_3-d_3b_4 \end{bmatrix}\times$$
$$\times\begin{bmatrix} x_1(kT_0) \\ x_2(kT_0) \\ x_3(kT_0) \\ x_4(kT_0) \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} b_4 \end{bmatrix}\Delta u_\alpha(kT_0).$$

На основании полученных уравнений может быть составлена программа для реализации разработанного алгоритма фильтрации на соответствующей аппаратной базе.

Источники

1. Малёв Н.А. Расчет и исследование астатического электропривода малой мощности. Казань: Практикум / Казан. гос. энерг. ун-т, 2011. 127 с.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.

3. Погодицкий О.В., Малёв Н.А., Ахунов Д.Д., Цветков А.Н. Расчёт и моделирование электроприводов с регуляторами различной конфигурации: Лабораторный практикум. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014.

4. Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. 616 с.

5. Варёнов А.А., Зенцов В.П., Малёв Н.А. Анализ динамических процессов в системе стабилизации температуры в инкубационной камере. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018, № 9-10. С. 101-108.

УДК 621-313.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОМЕТРА СПЕКТРАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ

Булатов Михаил Михайлович,[1] Малев Николай Анатольевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1] *bulatovmisha@mail.ru,* [2] *maleeev@mail.ru*

Аннотация: в работе рассматривается прибор, предназначенный для бесконтактного измерения температуры поверхности нагретых тел методом спектрального отношения.

Ключевые слова: пирометр спектрального отношения, измерительный мост, приемник, измерение температуры.

RESEARCH OF THE SPECTRAL RATIO PYROMETER

Bulatov Mikhail Mikhailovich,[1] Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1] *bulatovmisha@mail.ru,* [2] *maleeev@mail.ru*

Abstract: *the paper considers a device designed for contactless measurement of the surface temperature of heated bodies by the spectral ratio method.*

Keywords: *spectral ratio pyrometer, measuring bridge, receiver, temperature measurement.*

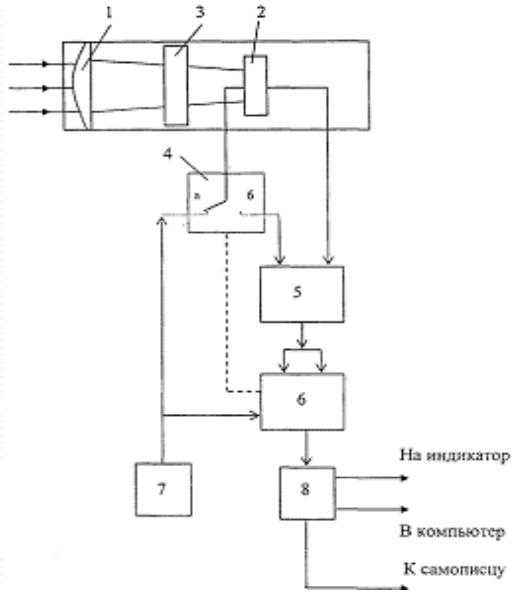
Пирометр спектрального отношения – это измерительное устройство, которое определяет температуру объекта по сигналам от двух приемников, работающих на разных длинах волн. Пирометр содержит объектив 1, фотодиодный приемник излучения 2, фильтр излучения 3, переключатель 4, усилитель 5, микропроцессор 6 с двумя встроенными аналого-цифровыми преобразователями, элемент питания 7 и индикатор температуры 8 (см. рисунок) [1, С. 48].

Можно привести пример использования данного прибора в промышленности, например, измерение температуры поверхности нагрева котлоагрегата при сжигании топлива [2, С. 96].

У пирометров спектрального отношения имеются аналоги, например, инфракрасные термометры [3, С.102].

Следует отметить, что, как и любой прибор, пирометр спектрального отношения имеет свои недостатки, в частности, высокая стоимость.

Пирометр спектрального отношения – сложный прибор, состоящий из большого количества элементов.



Функциональная схема пирометра спектрального отношения

Кроме того, на результаты измерения влияет коэффициент поглощения измеряемого объекта. Другими словами, результат измерения с помощью пирометра спектрального отношения зависит не только от величины излучаемой способности или от ее изменения от объекта к объекту, но и от спектральной зависимости [4, С.194].

Предлагается разработать систему компенсационного измерения температуры с дистанционной передачей информации на основе автоматического уравновешенного моста [5].

Источники

1. Брамсон М.А. Справочные таблицы по инфракрасному излучению нагретых тел. Т.1. М.: Наука, 2006.

2. Бойко Е.А., Загородний И.В., «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour, – [Комплексное исследование интенсивности шлакования поверхностей нагрева котлоагрегата при сжигании непроектных топлив], Т.22, № 6, 2020.

3. Мехтиев А.Д., Алькина А.Д., Югай В.В., Есенжолов У.С., Калиаскаров Н.Б. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour, [Сравнительный анализ и перспективы использования многотопливных микро тепловых электростанций на основе двигателя для сельских районов], Т.22, №5, 2020.

4. Панфилов В. А. Электрические измерения. Академия, 2006.

5. Гордов А.Н. Основы пирометрии. М.: Металлургия, 1971. 447 с.

УДК 629.7.054.44

РАСХОДОМЕР ВОЗДУХА ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ

Бутовецкий Владимир Романович[1], Ганеев Фарид Ахатович[2]

[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

balodjmr@gmail.com[1], gafar@inbox.ru[2]

Аннотация: В данной работе решаются такие задачи, как разработка и описание структурно-функциональной схемы, алгоритма работы устройства и временных диаграмм работы ионно-меточного расходомера воздуха.

Ключевые слова: расходомер воздуха, мониторинг атмосферы, ионно-меточный датчик, ионная метка

AIRFLOW METER FOR ATMOSPHERE MONITORING SYSTEM

Butovetskii Vladimir Romanovich[1], Ganeev Farid Akhatovich[2]

[1.2] Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI

balodjmr@gmail.com[1], gafar@inbox.ru[2]

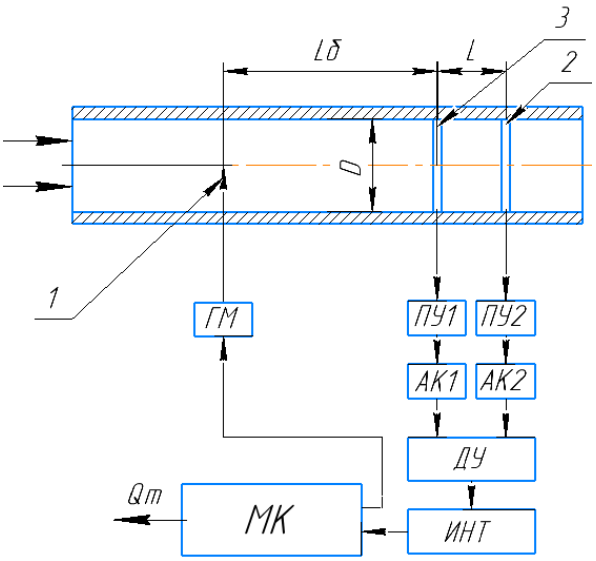
Abstract: *In this work, such tasks are solved as the development and description of the structural and functional diagram, the algorithm of the device and the timing diagrams of the operation of the ion-mark air flow meter.*

Key words: *air flow meter, atmosphere monitoring, ion tag sensor, ion tag*

На рисунке представлена структурно-функциональная схема ионно-меточного расходомера воздуха (ИМИРВ) с использованием генератора ионной метки и регистрирующих электродов. Электроды регистратора выполнены в виде изолированных колец диаметром равным диаметру проточного канала и расположены друг от друга на расстоянии, равном полтора радиуса проточного канала.

Функциональная схема ионно-меточного измерителя воздушной скорости содержит проточный канал в виде трубки диаметром D, во входной части которой размещен разрядник 1, подключенный к генератору высоковольтных импульсов (ГМ). По ходу движения воздушного потока в проточном канале на расстоянии ΔL друг относительно друга расположены два изолированных кольцевых электрода 2 и 3 регистратора ионной метки. Электроды 2 и 3 через предварительные усилители ПУ1 и ПУ2 и аналоговые ключи АК1 и АК2 связаны с дифференциальным усилителем ДУ, выход которого

через интегратор ИНТ. Выход компаратора соединен с входом микроконтроллера МК, управляющий выход которого подключен к генератору ГМ. С МК мы получаем готовый информационный сигнал $Q_м$ по расходу газа.



Структурно-функциональная схема ИМИРВ

Измеритель воздушной скорости воздуха работает следующим образом: В соответствии с заданной программой МК формирует с определенной периодичностью на управляющем выходе импульсы, которые запускают генератор меток ГМ. Короткий высоковольтный импульс поступает на искровой или коронный разрядник и вызывает соответственно искровой или коронный пробой. В результате пробоя в окрестности разрядника воздух ионизируется, и образуются ионы, обладающие электрическим зарядом, таким образом формируется ионная метка, которая движется вместе с воздушным потоком.

При прохождении заряженной ионной метки вблизи электрода 3 на последнем наводится импульс тока, который усиливается предварительным усилителем ПУ1. Аналогичный импульс формируется на выходе ПУ2, но поскольку электрод 3 отстоит от электрода 2 на расстоянии ΔL, то этот импульс имеет соответствующее временное запаздывание. Аналоговые ключи АК1 и АК2 позволяют в момент времени t_0-t_1 (длительность примерно 200мкс) разомкнуть цепь, чтобы исключить помеху с ПУ на входе ДУ. Далее оба импульса поступают на дифференциальный усилитель, на выходе которого формируется сигнал разности. Этот сигнал подается на интегратор ИНТ, выходной сигнал которого поступает на МК со встроенным компаратором. Компаратор фиксирует временное положение точки пересечения сигналом нулевого

уровня. Далее формируется временной интервал, начало которого соответствует моменту генерации ионной метки, а окончание моменту пересечения границы базового расстояния $L_б$, которая находится между электродами 2 и 3 на равном от них удалении 0,5 ΔL. По длительности временного интервала τ в МК вычисляется скорость воздушного потока $V = L_б/\tau$. Результат измерения сохраняется в памяти микроконтроллера.

Источники

1. Ганеев Ф.А., Солдаткин В.М., Ференец В.А. Синтез дифференциального регистратора ионных меток // Изв.вузов. Приборостроение. 1985. Т.28. № 12. с. 54-58.

2. Ганеев Ф.А., Ганеев Т.Ф., Миннебаев М.Р., Уразбахтин И.Р. Ионно-Меточный Измеритель Скорости Воздушного Потока. Патент РФ № 2016126896/28, 04.07.2016. Патент России № 166 715 . 10.12.2016 Бюл. № 34.

3. Ганеев Ф.А. О динамических свойствах ионно-меточного преобразователя скорости потока // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Методы и средства измерения механических параметров в системах контроля и управления» Пенза, 1992. 62с.

4. Ганеев Ф.А., Солдаткин В.М. Лабораторный практикум по дисциплине. Приборы и измерительно-вычислительные комплексы Казань: Кафедра ПИИС КНИТУ-КАИ им. А.Н.Туполева, 2015. 31с.

5. Зайцев С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебное пособие / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. 464 с.

УДК 629.7.054.44

СХЕМОТЕХНИКА ПОСТРОЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ИОННО-МЕТОЧНОГО РАСХОДОМЕРА ВОЗДУХА

Бутовецкий Владимир Романович[1], Ганеев Фарид Ахатович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия
balodjmr@gmail.com[1], gafar@inbox.ru[2]

Аннотация: В работе рассматриваются особенности схемотехнической реализации и подбор элементной базы функциональных узлов ионно-меточного расходомера воздуха
Ключевые слова: расходомер воздуха, ионно-меточный датчик, ионная метка

SCHEME OF CONSTRUCTION OF FUNCTIONAL UNITS OF ION-POINTED AIR FLOWMETER

Butovetskii Vladimir Romanovich[1], Ganeev Farid Akhatovich[2]
[1,2] Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI
balodjmr@gmail.com[1], gafar@inbox.ru[2]

***Abstract**: The paper discusses the features of the circuitry implementation and the selection of the element base of the functional units of the ion-mark air flow meter*
***Key words**: air flow meter, ion beacon sensor, ion beacon*

Генератор высоковольтных импульсов целесообразно строить по схеме показанной на рисунке 1

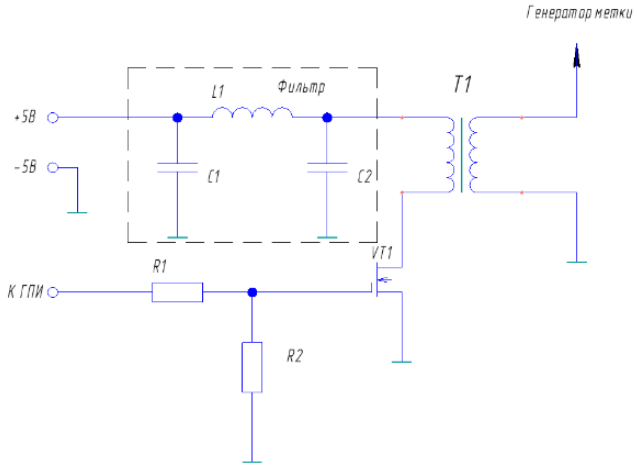
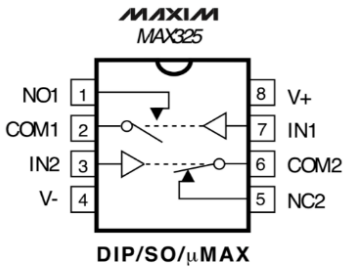


Рис.1 Генератор высоковольтных импульсов

Аналоговый ключ необходим для размыкания цепи в момент начала измерения, чтобы исключить помеху с ПУ на входе ДУ. Нам требуются 2 аналоговых ключа. Для уменьшения габаритов используем двухканальный прецизионный аналоговый ключ с однополярным питанием MAX325CPA. Распиновка представлена на рисунке 2



MAX325		
LOGIC	SWITCH 1	SWITCH 2
0	OFF	ON
1	ON	OFF

Рис. 2 Распиновка аналогового ключа

COM1 и COM2 являются коммутаторами, на входы IN1 и IN2 подаются сигналы с регистраторов, выходные сигналы будут идти с портов NO1и NC1.

Электрическая схема регистратора представлена на рисунке 3 Выводы 1 и 2 соединяются с регистрирующими электродами. Сигналы, поступающие с регистрирующих электродов проходят через предварительные усилители, которые должны быть чувствительными к данным сигналам.

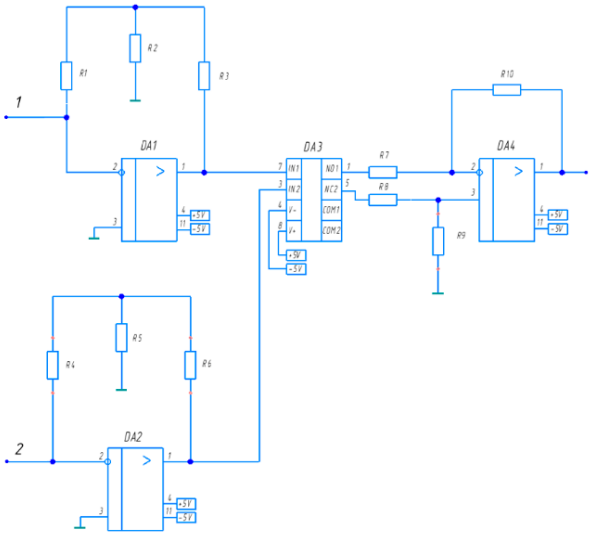


Рис.3 Регистратор меток

Поэтому, необходимо подбирать операционные усилители DA1 и DA2 с большим входным сопротивлением. Для уменьшения габаритных размеров остановимся на операционном усилителе К140УД12. Ключ DA3 подключен к микроконтроллеру через порты COM1 и COM2, с помощью него происходит управление поступающего на ДУ сигнала.

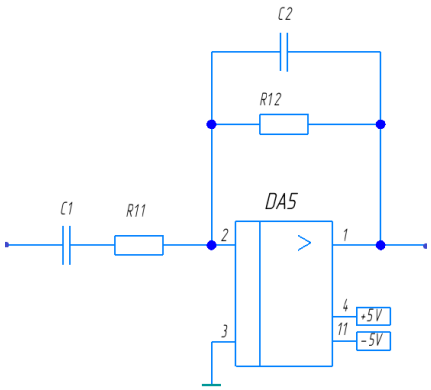


Рис.5 Интегратор

Напряжение U_1 и U_2 с выходов усилителей *DA1* и *DA2* поступают на входы дифференциального усилителя *DA4*. Разностный сигнал с выхода дифференциального усилителя поступает на интегратор *DA5*, который представляет собой фильтр нижних частот

Источники

1. Ганеев Ф.А., Солдаткин В.М., Ференец В.А. Синтез дифференциального регистратора ионных меток // Изв.вузов. Приборостроение, т.28, N12,1985.с.54-58.

2. Ганеев Ф.А., Ганеев Т.Ф., Миннебаев М.Р., Уразбахтин И.Р. Ионно-Меточный Измеритель Скорости Воздушного Потока. Патент РФ № 2016126896/28, 04.07.2016. // Патент России № 166 715 . 10.12.2016 Бюл. № 34.

3. Ганеев Ф.А. О динамических свойствах ионно-меточного преобразователя скорости потока. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Методы и средства измерения механических параметров в системах контроля и управления». Пенза, 1992. 62с.

4. Ганеев Ф.А., Солдаткин В.М. Лабораторный практикум по дисциплине «Приборы и измерительно-вычислительные комплексы» - Казань: Кафедра ПИИС КНИТУ-КАИ им. А.Н.Туполева, 2015. – 31с.

5. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д, Толстов А.Н., Меркулов Р.В. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебное пособие / М. : Издательский центр «Академия», 2006. 464 с.

УДК 621.317.39

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Васильев Александр Дмитриевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2],
Дюрягин Андрей Михайлович[3]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
[3]КАПО им. С.П. Горбунова г. Казань, Россия
[1,2,3]*maleeev@mail.ru*

Аннотация: В работе исследуется задача определения результирующей погрешности измерительных преобразователей, обосновывается сложность решения данной задачи. Сформулирована практическая неосуществимость выполнения операций с многомерными законами распределения. Показаны преимущества негэнетропийного принципа теории информации при вычислении результирующей погрешности измерительных преобразователей.

Ключевые слова: измерительный преобразователь, результирующая погрешность, случайная величина, закон распределения, энтропия.

FEATURES OF DETERMINING THE SUMMARY ERRORS OF THE MEASURING CONVERTERS

Vasiliev Alexander Dmitrievich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2],
Dyuryagin Andrey Mikhailovich[3]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
[3]KAPO im. S.P. Gorbunova, Kazan, Russia
[1,2]*maleeev@mail.ru*

***Abstract**: The paper investigates the problem of determining the resulting error of measuring converters, justifies the complexity of solving this problem. The practical impossibility of performing operations with multidimensional distribution laws is formulated. The advantages of the negative entropy principle of information theory in calculating the resulting error of measuring converters are shown.*

***Keywords:** measuring transducer, resulting error, random variable, distribution law, entropy.*

Задача вычисления значения суммарной результирующей погрешности, состоящей из известных значений составляющих ее компонентов, часто называемая задачей суммирования погрешностей, возникает во многих практических приложениях [1, 2]. Следовательно, чтобы опреде-

лить погрешность отдельного измерительного преобразователя, необходимо найти результат суммарного действия отдельных составляющих его погрешности. Определение погрешности измерительного устройства или канала информационно-измерительной системы также связано с определением суммарного влияния ошибок всех его преобразователей. Для определения погрешности результата измерения к погрешности используемого оборудования следует прибавить погрешности от методических ошибок, ошибок из-за нестабильности объекта, считывания показаний, результатов обработки измерений и т.д. Следовательно, определение результирующей погрешности является одной из важнейших задач как при проектировании измерительных преобразователей, так и непосредственно при проведении измерений [3, 4].

Сложность вычисления суммарной погрешности заключается в том, что все компоненты погрешности в общем случае необходимо рассматривать как случайные величины, принимающие различные значения в каждой конкретной реализации измерения. С точки зрения теории вероятностей, составляющие суммарной погрешности можно описать соответствующими законами распределения, а результат их совместного действия – многомерным законом распределения. В такой постановке эта задача не имеет практического решения даже для нескольких компонентов, а тем более – для десятков составляющих погрешности, поскольку операции с многомерными законами распределения представляют непреодолимую сложность. В результате возникает задача выбора некоторых свойств компонентов, таких как числовые оценки (например, среднеквадратичное значение или значение энтропии, коэффициент энтропии и т.п.), из которых можно будет найти соответствующие числовые значения результирующей погрешности без описания законов многомерного или результирующего одномерного распределения рассматриваемых случайных величин [5].

В этом случае возможно, что, во-первых, числовые характеристики законов распределения компонентов могут не оставаться постоянными при изменении измеренного значения и изменяться по всему диапазону возможных её изменений; во-вторых, отдельные компоненты погрешности могут коррелировать между собой; в-третьих, при суммировании случайных величин законы распределения резко деформируются.

Первое из этих условий требует разделения рассматриваемых компонентов на аддитивные и мультипликативные; их сумма составляется отдельно для определения аддитивной и мультипликативной составляющих результирующей погрешности.

Второе условие, а именно вероятность взаимной корреляции компонентов, учитывается с использованием их численных оценок в виде среднеквадратичного значения и коэффициентов взаимной корреляции для характеристики их общих компонентов.

Третье условие, то есть деформация формы законов распределения при суммировании случайных величин, не может быть учтена при использовании в виде среднеквадратичного значения оценки погрешности, поскольку эта оценка не является отражением деформации формы законов распределения. Это можно сделать только путем включения концепций теории информации, которая является дальнейшим развитием теории вероятностей.

Источники

1. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств Л., «Энергия», 1968. 248 с.

2. Кавалеров Г.И., Мандельштам С.М. Введение в информационную теорию измерений. М.: Энергия, 1974. 376 с.

3. Петров В.П., Рисный Ю.В. Оценка суммарной погрешности средств измерений // Измерительная техника. 1977. №2. С. 19-20.

4. Краус М. Измерительные информационные системы / М. Краус, Э. Вошни. М. : Мир, 1975. 310 с.

5. Лазарев, В. Л. Энтропийный подход к организации мониторинга и управления // Известия РАН. Теория и системы управления. 2005. № 6. С. 61–68.

УДК 621.317.39

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОМЕХИ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Васильев Александр Дмитриевич[1], Малев Николай Анатольевич[2],
Хуснутдинов Азат Назипович
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]maleeev@mail.ru

Аннотация: В работе рассматриваются принципы учета вызываемой тепловыми шумами погрешности измерительных преобразователей в пренебрежении остальными составляющими результирующей погрешности. Приведена формула Найквиста для среднего значения мощности тепловых шумов. Сформулировано понятие термодинамического порога чувствительности измерительных преобразователей.

Ключевые слова: измерительный преобразователь, тепловые шумы, термодинамические помехи, погрешность.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THERMODYNAMIC INTERFERENCE ON THE ACCURACY OF THE MEASURING CONVERTERS

Vasiliev Alexander Dmitrievich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2],
Khusnutdinov Azat Nazipovich
[1.2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1,2,3]maleeev@mail.ru

Abstract: *The paper discusses the principles of accounting for the error caused by thermal noise of measuring converters, neglecting the rest of the components of the resulting error. The Nyquist formula for the average value of the thermal noise power is given. The concept of thermodynamic threshold of sensitivity of measuring converters is formulated.*

Keywords: *measuring converter, thermal noise, thermodynamic interference, error.*

Известно, что соотношение между значением энергии процесса и переносимой информацией зависит от измеряемой интенсивности, продолжительности или частоты этого процесса [1, 2]. Информация, полученная на выходе измерительного прибора, искажается погрешностями, которые могут быть самыми разнообразными. Будем учитывать сигнал на входе измерительного преобразователя, пренебрегая погрешностями во всех последующих подключениях измерительной цепи. В этом случае к сигналу

можно добавить только шумы или наводки, которые уменьшают содержащуюся в сигнале информацию. Проанализируем, чем будет ограничена точность входного сигнала при условии полного устранения всех шумов и наводок.

Из законов термодинамики можно заключить, что, если температура входной части измерительного преобразователя не равна абсолютному нулю, сигнал будет искажаться случайными шумовыми флуктуациями, распределенными по нормальному закону со средней мощностью для каждой степени свободы, определяемой по формуле Найквиста [3]

$$\bar{P}_N = 4k\Theta\Delta f\,, \qquad (1)$$

где $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана; Θ – абсолютная температура; Δf – полоса частот, соответствующая мощности сигнала.

Поскольку измерительный преобразователь передает входной сигнал только в определенной полосе частот, более высокочастотные колебания будут усредняться и не будут вызывать погрешности, поэтому будем учитывать мощность шума только в диапазоне рабочих частот устройства Δf. Если инерционные свойства измерительного преобразователя характеризуется не диапазоном частот Δf, а временем установления показаний t, формулу Найквиста (1) можно преобразовать следующим образом [4]. Если за время t было взято n выборок и было найдено среднее значение, дисперсия этого среднего (при условии, что выборки были статистически независимыми) уменьшилась бы в соответствии с теорией вероятности в n раз. Однако, из теоремы Шеннона-Котельникова следует, что число статистически независимых выборок n для функции с частотой Δf за время t равно $n = \Delta f t$. Тогда формула Найквиста для мощности термодинамических помех за время t запишется в виде:

$$\bar{P}_N = \frac{4k\Theta\Delta t}{n} = \frac{4k\Theta\Delta f}{2\Delta f t} = \frac{2k\Theta}{t}.$$

Для измерительного преобразователя с входным электрическим сопротивлением R термодинамическая помеха вызовет напряжение тепловых шумов с действующим значением [5]

$$\sigma_N = \sqrt{\bar{U}_N^2} = \sqrt{\bar{P}_N R} = \sqrt{\frac{2k\Theta R}{t}}\,, \qquad (1)$$

приводящим к ограничению воспринимаемой преобразователем информации.

Энтропийное значение шумового напряжения при нормальном законе распределения мгновенных значений флуктуаций

$$\Delta_N = k\sigma_N = \sqrt{\frac{\pi e}{2}}\sqrt{\frac{2k\Theta R}{t}} = \sqrt{\frac{\pi ek\Theta R}{t}}\,. \qquad (2)$$

Если измерительный преобразователь регистрирует напряжение U, то относительная погрешность от термодинамической помехи

$$\gamma_N = \frac{\Delta_N}{U} = \sqrt{\frac{\pi ek\Theta}{t}\frac{R}{U^2}} = \sqrt{\frac{\pi ek\Theta}{Pt}}\,, \qquad (3)$$

где $P = \dfrac{U^2}{R}$ – мощность, потребляемая прибором от объекта измерения. Произведение Pt представляет собой энергию, полученную от объекта за время измерения. В свою очередь, энергия в числителе (3) $W = \pi ek\Theta$ является практически постоянной величиной, поскольку температура Θ изменяется в относительно небольшом диапазоне от 223 до 323 К и при $\Theta = 20^\circ\smile$ (или 293 К) энергия $W_N = 3{,}5 \cdot 10^{-20}$ К.

Из выражения (3) можно определить количество информации

$$N = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Pt}{W_N}}\,. \qquad (4)$$

Из выражений (4) и (3) видно, что число состояний N прямо пропорционально, а погрешность обратно пропорциональна величине $\sqrt{Pt}$. Кроме того, при выполнении равенства $Pt = W_N$, погрешность, вызванная тепловыми шумами, становится равной 100 %, а измерение – невозможным. Таким образом, величина W определяет термодинамический порог чувствительности измерительных преобразователей, регистрирующих интенсивность передаваемой информации.

Источники

1. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология. Ч. 1. Общая теория измерения СПб.: Питер, 2010. 192 с.

2. Краус М., Вошни Э. Измерительные информационные системы /М. : Мир, 1975. 310 с.

3. Вегер В. Информация об измеряемой величине как основа формирования функции плотности вероятности // Измерительная техника. № 9. 2003. С. 3–9.

4. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств / П. В. Новицкий. Л. : Энергия, 1968. 248 с.

5. Вадзинский Р. Н. Справочник по вероятностным распределениям / Р. Н. Вадзинский. СПб. : Наука, 2001. 296 с.

УДК 004.946

ФОРМИРОВАНИЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Верхова Галина Викторовна[1], Акимов Сергей Викторович[2],
Шабанов Александр Павлович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», г. Санкт-Петербург, Россия
[1]galina500@inbox.ru, [2]akimov-sv@yandex.ru, [3]saxa1997@yandex.ru

Аннотация: В статье предложена концепция управления жилищно-коммунальным хозяйством в рамках киберфизической среды. Мониторинг и управление мехатронным оборудованием осуществляется посредством цифровых двойников, которые являются агентами, входящими в состав киберфизической среды. Локальные киберфизические среды жилищно-коммунального хозяйства могут быть объединены в единую киберсреду «Умного города».

Ключевые слова: киберфизическая среда, жилищно-коммунальное хозяйство, ЖКХ, управление, мониторинг, цифровизация, мехатронное оборудование, интернет вещей, умный город.

FORMATION OF THE CYBER-PHYSICAL ENVIRONMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

[1]Verkhova Galina Viktorovna, [2]Akimov Sergei Viktorovich, [3]Shabanov Aleksandr Pavlovich
[1,2,3]FGBOU VO SPbSUT, Russia, St.Peterburg
[1]galina500@inbox.ru, [2]akimov-sv@yandex.ru, [3]saxa1997@yandex.ru

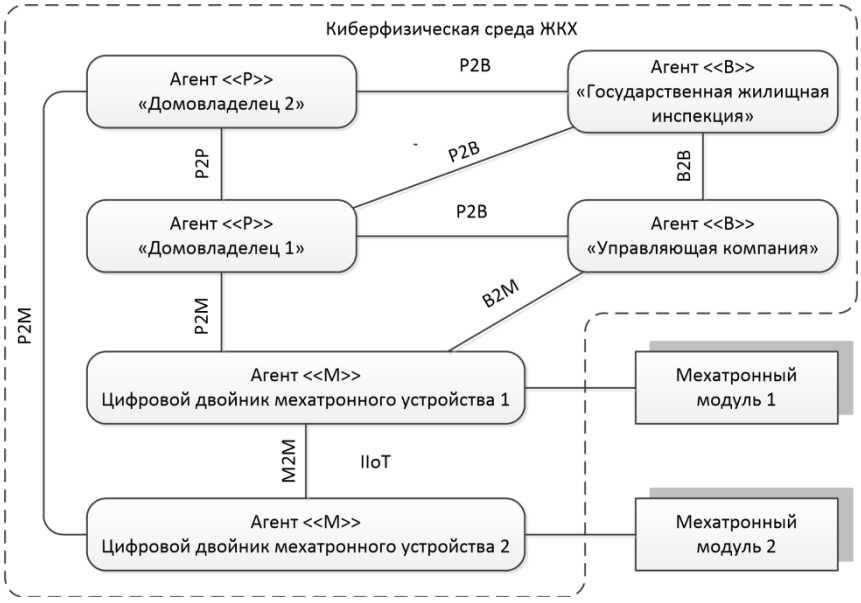
Abstract: *The article proposes the concept of housing and communal services management in the framework of the cyber-physical environment. Monitoring and control of mechatronic equipment is carried out by means of digital twins, which are agents that are part of the cyber-physical environment. Local cyber-physical environments of housing and communal services can be combined into a single cyber environment of the Smart City.*

Keywords: *cyber-physical environment, housing and communal services, management, monitoring, digitalization, mechatronic equipment, internet of things, smart city.*

Повышение качества и эффективности деятельности в сфере ЖКХ требует внедрения цифровых технологий, а также мехатронных модулей, которые должны заменить механические устройства [1-3], традиционно используемые в данной сфере. Взаимодействие отдельных мехатронных модулей может осуществляться посредством промышленного интернета вещей (IIoT), а взаимодействие между другими участниками – владельцами жилплощади, управляющими кампаниями и другими организациями – с помощью любых телекоммуникационных систем.

Концепция «Умный город» [4] требует формирования единой киберфизической среды, которая обеспечит взаимодействие между всеми участниками: физическими (*P*) и юридическими (*B*) лицами, а также техногенными объектами (*M*) на основе установленных связей (*R*). Киберфизическая среда (*CE*) базируется на принципах агентности, информационного самообслуживания и управляемой информационного открытости [5], и может быть представлена в следующем виде рисунка.

$$CE = <P, B, M, R>. \quad (1)$$



Управление мехатронным оборудованием через киберфизическую среду жилищно-коммунального хозяйства

Управляющая организация отдельного жилого комплекса формирует локальную киберфизическую среду, в рамках которой помимо мониторинга и управления мехатронными модулями ЖКХ осуществляется взаимодействие между всеми участниками, представленными в данной среде агентами. Любой домовладелец или специалист управляющей компании может получить доступ к информации о функционировании любого мехатронного модуля, к которому у него имеются права доступа, что обеспечит возможность отслеживания всех интересующих параметров в реальном режиме времени; также может быть реализовано взаимодействие между жильцами, управляющей компанией.

Локальные интероперабельные киберфизические среды [6] отдельных жилых комплексов могут быть объединены в единую киберсреду Умного города, что обеспечит возможность организации сквозного информационного взаимодействия между участниками,

зарегистрированными в разных кеберсредах. Киберфизические среды «Умных городов» могут быть объединены в единую глобальную киберфизическую среду, обеспечив единое киберпространство.

Источники

1. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(6):188-201. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-6-188-201

2. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энерго-ресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021;23(1):156-166. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-1-156-166

3. Кикоть Е.А., Газизов Ф.Н. Выбор структуры тепловой генерации в городах РФ при актуализации схем теплоснабжения. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(5):71-82. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-5-71-82

4. Colistra J. The Evolving Architecture of Smart Cities // 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/ISC2.2018.8656678.

5. Акимов С.В., Верхова Г.В., Меткин Н.П. Теоретические основы CALS. СПб: Издательство СПбГУТ, 2018. 263 с.

6. Verkhova G.V., Akimov S.V. Integration of Local Interoperable Cyber Environments of Virtual Organizations into a Single Cyber-Environment of a Post-Industrial Society // 2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/WECONF51603.2021.9470534.

УДК 621.8.02, 621.3.072.1

РАЗРАБОТКА 6-ОСЕВОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

Виноградов Герман Николаевич[1], Мухаметшин Азат Ильдусович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gp7771gp@gmail.com, [2]Mo2825@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается разработка аппаратной и кинематической части 6-осевого робота-манипулятора. Механика построена на базе планетарных редукторов из открытого доступа. Управляющая электроника построена на базе микроконтроллера серия *atmega*328 компании *atmel*.

Ключевые слова: прототип, планетарный редуктор, шаговый двигатель, микроконтроллер.

DEVELOPMENT OF 6-AXIS ROCKER ROBOT

Vinogradov German Nikolaevich[1], Mukhametshin Azat Ildusovich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gp7771gp@gmail.com, [2]Mo2825@yandex.ru

Abstract: *The article deals with the development of the hardware and kinematic part of a 6-axis robot manipulator. The mechanics are based on open access planetary gearboxes. The control electronics are based on the atmega328 microcontroller from atmel.*

Key words: *Prototype, planetary gearbox, stepper motor, microcontroller.*

В промышленности робот-манипулятор с 6 осями свободы занимает лидирующее положение. Это обусловлено необходимым минимумом для решения большинства универсальных задач. В разрабатываемой модели на каждой оси используется планетарный редуктор разных передаточных чисел. Планетарный редуктор обеспечивает минимальный люфт и равномерное распределения нагрузки на шестерёнки.

Редуктор разработан в программе Gear Generator [1-3]. Расчет передаточного отношения выполняется по следующей формуле [6]:

$$i = \frac{1 + N_1/n_{01}}{1 - N_1 n_2 / N_2 n_1}, \quad (1)$$

где N_1-число зубцов эпицикла первого ряда, N_2- число зубцов эпицикла второго ряда, n_{01}- Число зубьев солнечной шестерни первого ряда, n_1- Число зубьев сателлита первого ряда, n_2- Число зубьев сателлита второго ряда.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

В качестве электродвигателей для приведения в движения робота используются шаговые двигатели *Nema* 17.

Для управления шаговыми двигателями выбраны драйверы шагового двигателя компании *Texas Instruments Inc* DRV8825. Драйвер DRV8825 поддерживает дробление шагов, пины (M0,M1,M2) , что позволяет увеличить точность позиционирования робота[6], а также поддерживает режим потенциального управления и тем самым удерживать положения мотора [5]. Для управляющей электроники выбран микроконтроллер *atmega*328. Для написания управляющей программы микроконтроллера используется платформа *Arduino Id*e.

Таблица 1. Передаточное отношение и развиваемый момент передач

Номер сочленения	1	2	3	4	5	6
Передаточное отношение	1/64	1/64	1/28	1/28	1/4	1/4
Крутящий момент, Нм	0,47	0,47	0,12	0,12	0,02	0,02

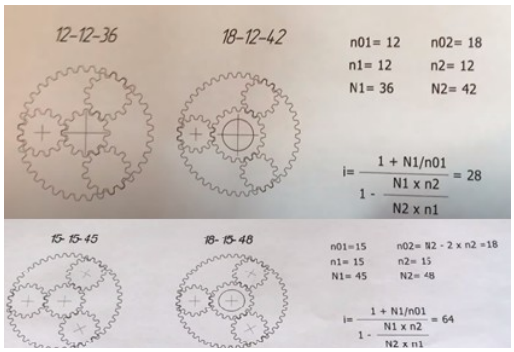


Рис.1. Схема планетарных редукторов для робота



Рис.2. Фотографии готовых редукторов для робота

Таблица 2. Состав/Характеристики робота манипулятора

Характеристика	Количество
Шаговый двигатель	Nemo 17
Микроконтроллер	MEGA32
Драйверы шагового двигателя	DRV8825
Мощность редуктора 1:28	11,76 Н/см
Мощность редуктора 1:4	1,68 Н/см
Мощность редуктора 1:64	46,72 Н/см
Nema 17 40мм	0.42 Н/см
Nema 17 60мм	0.73 Н/см

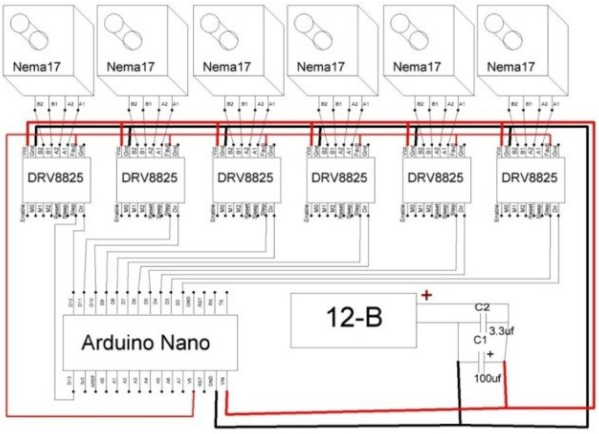


Рис.3. Принципиальная схема электрической части разрабатываемого робота манипулятора

Выводы:

1) Выбран 6-осевой робот, работающий в ангулярной системе координат.

2) Рассчитаны и изготовлены планерные редукторы для осей робота.

3) Выбраны шаговые двигатели для 6-осевого робота.

4) Составлена принципиальная схема электрической части робота.

Источники

1. Планетарный привод 1:28 для Nema 17 [Электронный ресурс] Planetary gearbox 28:1 for Nema 17 https://www.youtube.com/watch?v=lBELcyFzAM&list=PLYH12wlgNMm68xiwOcR9WFL4B5_Hgm5Ll&index=14 (дата обращения 20.09.2021).

2. Усиленный планетарный редуктор 1:64 [Электронный ресурс] https://www.youtube.com/watch?v=cfhLiOq_I&list=PLYH12wlgNMm6H0B8S44ZG0tPliaWJdjaZ&index=36 (дата обращения 20.09.2021).

3. Планетарный редуктор 1:4 для Nema 17 / Planetary gearbox 1: 4 for Nema 17 [Электронный ресурс] https://www.youtube.com/watch?v=kuLVHSwMjGU&list=PLYH12wlgNMm6H0B8S44ZG0tPliaWJdjaZ&index=26 (дата обращения 20.09.2021).

4. Осин И. Л., Юферов Ф. М. Электрические машины автоматических устройств// Учебное пособие. МЭИ 2003. 424 с.

5. Теория планетарного редуктора [Электронный ресурс] http://gearmotor.ru/planetary-gear.htm (дата обращения 20.09.2021).

6. Малёв Н.А., Мухаметшин А.И., Погодицкий О.В., Городнов А.Г. Экспериментально-аналитическая идентификация математической модели электромеханического преобразователя постоянного тока с применением метода наименьших квадратов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. №4. С. 113-122.

УДК 004.896

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТАХ В ЗАГАЗОВАННОМ ПОМЕЩЕНИИ

Волынкин Павел Александрович
ФГБОУ ВО «СПбГУТ», г. Санкт-Петербург
pavelas@mail.ru

Аннотация: В статье предложена аппаратная и программная реализация задачи по сбору информации о помещении, находящимся под воздействием агрессивной (например, загазованной) среды. В качестве аппаратного решения рассмотрена мобильная робототехническая платформа ROBOPICA. Программное обеспечение выполнено на языке высокого уровня MircoC, входящего в комплект, поставляемый с данной платформой. Описана методика описания исследуемой площади и принципы задания исходных данных и данных о неопознанных объектах.

Ключевые слова: робот, мобильный робот, агрессивная среда, разведка, сбор информации, алгоритм обхода, датчик расстояния.

SOFTWARE AND HARDWARE SOLUTION OF THE PROBLEM OF COLLECTING INFORMATION ABOUT OBJECTS IN A GAS-POLLUTED ROOM

Pavel Alexandrovich Volynkin
FGBOU VO "SPbGUT", Sankt-Peterburg
pavelas@mail.ru

Abstract: *The article proposes a hardware and software implementation of the task of collecting information about a room under the influence of an aggressive (e.g., polluted) environment. The mobile robotics platform ROBOPICA is considered as a hardware solution. The software is made in the high-level language of Mirco, which is included in the package supplied with this platform. The method of describing the investigated area and the principles of setting the initial data and data on unidentified objects are described.*

Keywords: *robot, mobile robot, aggressive environment, intelligence, information gathering, bypass algorithm, distance sensor.*

Мобильные роботы находят широкое применение в самых разнообразных областях жизнедеятельности человека. Хорошо известны такие разновидности мобильных роботов как наземные (колесные, гусеничные, шагающие, ползающие, рельсовые и т.д.), подземные, воздушные, безвоздушные, водные (надводные, подводные, донные). С

точки зрения решаемых задач спектр роботов, в том числе и мобильных, также довольно широк [1, 2, 3].

Одной из таких задач является задача сбора информации о наличии тех или иных объектов в помещении с агрессивной или вредной для присутствия человека средой. В частности, это может быть ситуация в загазованном помещении, например, в случае нарушения целостности системы газоснабжения в подвальных помещениях жилых строений, когда требуется обследовать такое помещение с целью обнаружения в нём объектов, которые не являются неотъемлемыми элементами помещения. Это могут быть и люди, потерявшие сознание в результате контакта с загазованной средой, а также чужеродные предметы.

Для анализа возможности реализации данной задачи была использована робототехническая платформа *ROBOPICA* [4] (рис. 1) на гусеничном ходу на базе платы управления роботом *RBX*-877 v2.0 на микроконтроллере *PIC*16F887.

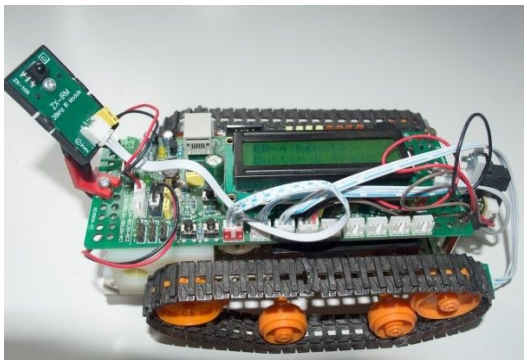


Рис. 1. Робототехническая платформа ROBOPICA

Основным датчиком для сбора информации об объектах был выбран инфракрасный измеритель расстояния *GP2*D120, работающий в диапазоне от 4 до 30 см (рис.2).

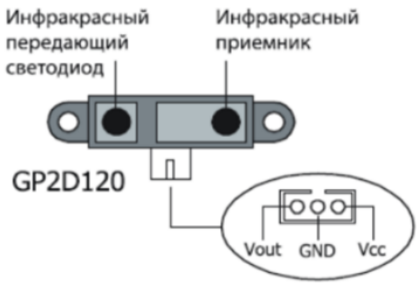


Рис. 2. Инфракрасный измеритель расстояния GP2D120

Алгоритм [5] обхода элементов площади помещения построен на принципе меандра. Информация об объектах в помещении представляется в виде двумерного массива ячеек, на которые делится площадь помещения с задаваемым шагом по координатам. Информация о ячейках (элементах массива) задается в троичной системе счисления: 0 – свободная ячейка, 1 – ячейка занята частью статического объекта помещения (стена, труба, котёл и т.д.), 2 – ячейка занята частью неопознанного объекта. Исходная информация о помещении заносится в массив в виде значений 0 и 1. Эта информация будет служить роботу ориентиром при реализации алгоритма его движения по помещению. Задачей становится, исследовав всю площадь помещения, занести в массив информацию о неопознанных объектах в виде значения 2. Программное обеспечение реализовано на языке MicroC в среде, поставляемой с этой робототехнической платформой *ROBOPICA*.

Источники

1. Петров Т.И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 70-79. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-70-79.
2. Голубцов Н.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов / Н. В. Голубцов, А. В. Нищенков, О. В. Федоров // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3(43). С. 116-130.
3. Васильев А.В. Мобильные мини-роботы разведки: текущее состояние, характерные черты и общие тенденции развития // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 3(104). С. 119-124.
4. Орманбекова А.А., Бостенов Н.М. Аппаратно-программный комплекс для управления платформой-роботом robo-PICA // Механика и технологии. 2016. № 1(51). С. 15-19.
5. Панкрац Ю.В. Построение интеллектуальной системы планирования перемещения мобильного робота / Электротехника. Электротехнология. Энергетика: сборник научных трудов VII Международной научной конференции молодых ученых, Новосибирск, 09–12 июня 2015 года / Новосибирский государственный технический университет Межвузовский центр содействия научной и инновационной деятельности студентов и молодых ученых Новосибирской области. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2015. С. 222-225.

УДК 64.011.56

ВЫБОР ДАТЧИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ

Гайнуллина Динара Радиковна[1], Мушарапов Рустем Наилевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г. Казань, Россия
[1]gaynullinadir@stud.kai.ru, [2]rnmusharapov@stud.kai.ru

Аннотация: Умная теплица - это полностью автономный и изолированный от внешних воздействий объект, призванный облегчить процесс получения растениеводческой продукции и максимально минимизировать участие человека. Для роста и развития растений им необходимы 5 факторов: вода, тепло, свет, воздух и питательные элементы. В данной статье выбираются датчики влажности почвы, влажности и температуры воздуха, освещенности. Разрабатывается структурная схема.

Ключевые слова: умная теплица, автоматизированная теплица, датчики контроллерное управление, растениеводство.

SELECTION OF SENSORS FOR AN AUTOMATED GREENHOUSE

Gainullina Dinara Radikovna[1], Musharapov Rustam Nailevich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», Kazan, Russia
[1]gaynullinadir@stud.kai.ru, [2]rnmusharapov@stud.kai.ru

Abstract: *A smart greenhouse is a fully autonomous and isolated object from external influences, designed to facilitate the process of obtaining crop production and minimize human involvement as much as possible. For the growth and development of plants, they need 5 factors: water, heat, light, air and nutrients. In this article, sensors of soil moisture, humidity and air temperature, illumination are selected. A block diagram is being developed.*

Keywords: *smart greenhouse, automated greenhouse, sensors, controller control, crop production.*

Умная теплица – это полностью автономный и изолированный от внешних воздействий объект, призванный облегчить процесс получения растениеводческой продукции и максимально минимизировать участие человека. Система создает стабильные условия и собственный микроклимат, используя цифровые технологии с учетом сорта растений, анализа почвы и т.д. Умная теплица состоит из микроконтроллера, датчиков, систем и приложения IoT (интернета вещей) [1, 2]. Чтобы создать и поддерживать благоприятные условия для растений в теплице необходимо либо участие квалифицированного сотрудника, что трудоемко

и, зачастую, неэффективно, либо установка специализированного оборудования с системами мониторинга и контроля [3, С.52].

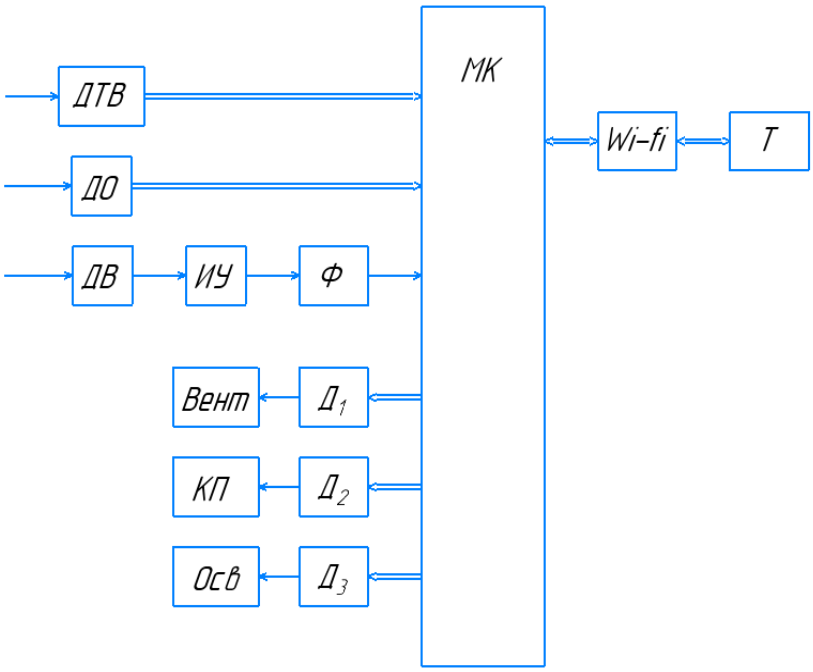
Целью данной работы является выбор датчиков для автоматизированной и легкой в управлении домашней теплицы, способной облегчить процесс выращивания различных культур.

Для роста и развития растений им необходимы 5 факторов: вода, тепло, свет, воздух и питательные элементы. Все эти факторы должны соблюдаться в умной теплице: обеспечиваться оптимальная температура и освещенность, своевременно и в нужном количестве осуществляться орошение, поддерживаться качество почвы [4, С.7-12].

В соответствии с необходимыми условиями окружающей среды для оптимального роста и развития растений был проведен анализ рынка основных датчиков. Были рассмотрены следующие датчики влажности почвы: YL-69, *Capacitive Soil Moisture Sensor* v1.2. Был выбран последний, так как он является антикоррозийным. Его характеристики: выходное напряжение 0 - 3.0 В, рабочее напряжение 3.3 - 5.5 В и стоимость 105 рублей. Были рассмотрены следующие датчики температуры и влажности воздуха: DHT11, HTU21D, SI7021, BME280. Был выбран цифровой датчик HTU21D со следующими характеристиками: диапазон измерений температуры от -40 до 125 °C, диапазон измерений влажности 0 до 100%, рабочее напряжение 3 В и стоимость 230 рублей. Были рассмотрены следующие датчики освещенности: фотодиод на основе LM393, BH1750, *DFRobot* DFR0026, LX1972. Был выбран цифровой датчик BH1750 с диапазоном измерения 1-65536 лк, рабочим напряжением 3.3-5 В и стоимостью 135 рублей.

Исходя из характеристик датчиков и необходимых условий среды была разработана следующая структурная схема, представленная на рисунке.(см. рисунок). В качестве микроконтроллера была выбрана *Arduino* UNO, как и в работе Асанова М.М. [5, С.38]

Данная система может использоваться как новичками для получения своего первого урожая в домашних условиях, так и опытными огородниками для выращивания рассады или культур в несезонное время дома. Важно заметить, что собственный урожай, собранный дома, позволит улучшить питание семьи [4, С.3-4].



Структурно-функциональная схема мониторинга и управления автоматизированной теплицы, где ДТВ - датчик температуры и влажности воздуха, ДО - датчик освещенности, ДВ - датчик влажности почвы, ИУ - инструментальный усилитель, Ф - фильтр, МК - микроконтроллер, Wi-fi - модуль wi-fi, Т - телефон, Д1, Д2, Д3 - реле, Вент - вентилятор/форточка, КП - капельный полив, Осв - освещение

Источники

1. Бутусов А. Умные теплицы: [Электронный ресурс]. С.-П., 2018. URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/umnye-teplitsy

2. ФГБУ «АЦ Минсельхоза России» Умная теплица: [Электронный ресурс]. М. URL: https://www.mcxac.ru/digital-cx/umnaya-teplitsa/

3. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В., Куринька В.С. Структурно-функциональная схема компьютерной модели «умной теплицы на гидропонике» // Информатика и системы управления. 2018. № 1 (55). С. 51-63.

4. Таранов В.В., Таранова Е.А. Садово-огородный участок: Справочное пособие. 2-е изд., перераб., и доп. М.: Агропромиздат. 1990. 319 с.: ил.

5. Асанов М.М. Влияние положения пластин абсорбера на эффективность работы солнечного коллектора. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2018;20(5-6):37-45. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2018-20-5-6-37-45

УДК 681.2:531.75:665.66.

ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗОНАТОРА ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНОГО ПЛОТНОМЕРА ЖИДКОСТИ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Гусейнов Тургай Климович
Сумгаитский государственный университет, г.Сумгаит, Азербайджан
huseynovturgay@mail.ru

Аннотация: в статье обосновывается возможность оценки степени загрязненности внутренней поверхности резонатора вибрационно-частотного плотномера жидкости, путем сравнения собственных частот колебаний пустого резонатора до и во время эксплуатации.

Ключевые слова: резонатор, вибрационно-частотный плотномер, жидкость, загрязнение, оценка степени загрязнения.

ESTIMATES OF THE DEGREE OF POLLUTION OF THE INNER SURFACE OF THE RESONATOR OF THE VIBRATION-FREQUENCY DENSITY OF A LIQUID DURING OPERATION

Huseynov Turgai Klimovich
Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan
huseynovturgay@mail.ru

***Abstract**: The article substantiates the possibility of assessing the degree of contamination of the internal surface of the resonator of a vibration-frequency density meter of a liquid by comparing the natural vibration frequencies of an empty resonator before and during operation.*

***Key words**: resonator, vibration-frequency density meter, liquid, pollution, assessment of the degree of pollution.*

В топливно-энергетическом комплексе при проведении учетно-расчетных операций или слежении за ходом технологических процессов находят применение вибрационно-частотные плотномеры жидкости. Чувствительным элементом этих приборов при поточном исполнении служат трубчатые резонаторы, по которым протекает измеряемая жидкость. Резонатор приводится в режим автоколебаний на частоте близкой к собственной. Изменение плотности измеряемой жидкости влечет за собой изменение частоты автоколебаний. В реальных условиях эксплуатации частота автоколебаний зависит не только от плотности, но и давления, температуры, скорости потока, а также загрязнения внутренней поверхности резонатора. Наиболее изученными являются вопросы оценки

влияния температуры и давления измеряемой жидкости на показания вибрационно-частотного плотномера [1,2]. В связи с этим поиск способов оценки степени загрязненности внутренней поверхности резонатора вибрационно-частотного плотномера представляется актуальной.

Оценка толщины загрязнения на внутренней поверхности резонатор может быть определена по затуханию собственных колебаний резонатора, как это делается при оценке толщины отложений на внутренней поверхности на внутренней поверхности теплообмена [3]. Реализация данного способа предполагает разработку специального прибора [4].

Определим аналитическую зависимость, связывающую между собой частоту собственных колебаний резонатора и слой загрязнения на внутренней поверхности резонатора.

При этом будем считать, что во время эксплуатации загрязнение внутренней поверхности резонатора

Частота колебаний резонатора f во время эксплуатации вибрационно-частотного плотномера определяется следующей формулой [1]:

$$f = f_0\sqrt{m_\text{р}/\left(m_\text{р} + m_\text{ж}\right)} \tag{1}$$

где f_0 – частота колебаний пустого резонатора; $m_\text{р}$ и $m_\text{ж}$ – массы единицы длины резонатора и жидкости:

$$m_\text{р} = \pi/4\left((D^2 - d^2)\rho_\text{р}\right);$$
$$m_\text{ж} = \pi/4(d^2\rho_\text{ж})$$

d – внутренний диаметр резонатора; D – внешний диаметр резонатора; $\rho_\text{р}$ и $\rho_\text{ж}$ – соответственно плотности материала трубки и измеряемой жидкости.

Допустим, что во время эксплуатации на внутренней поверхности резонатора появляются загрязнения. В этом случае частота колебаний резонатора f_1 будет определяться следующей формулой:

$$f_1 = f_0\sqrt{m_\text{р}/\left(m_\text{р} + m_\text{ж} + m_\text{з}\right)} \tag{2}$$

где $m_\text{з}$ – масса единицы длины загрязнения на резонаторе, которая может быть определена по следующей формуле:

$$m_\text{з} = \pi/4(\rho_\text{з}\left(d^2 - {d_\text{з}}^2\right)) \tag{3}$$

где – $\rho_\text{з}$ плотность воды; $d_\text{з}$ – внутренний диаметр резонатора с учетом загрязнения.

Относительная погрешность измерения из-за появления загрязнения на внутренней поверхности резонатора будет равна:

$$\delta = \frac{f - f_1}{f} 100\% \quad (4)$$

С учетом полученных соотношений можно предложить следующую методику для оперативного контроля загрязнения внутренней поверхности резонатора во время эксплуатации. Измерить частоту колебаний пустого резонаторе перед его эксплуатацией. После определенного времени эксплуатации опорожнить резонатор от измеряемой среды и измерить его частоту колебаний. По разнице показаний можно судить о степени загрязнения внутренней поверхности резонатора.

Источники

1. Филюшин В.В., Рудаченко А.В. Исследование зависимости частоты колебаний от изменения давления внутри чувствительной системы поточного преобразователя плотности // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. : в 2 т. Томск : Изд-во ТПУ, 2016. Т. 2. [С. 967-969]
2. Филюшин В.В., Мартынюк А.О., Рудаченко А.В. Исследование влияния изменения резонансной частоты колебаний чувствительного элемента поточного вибрационного преобразователя плотности от изменения температуры исследуемой жидкости // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — Т. 2. — [С. 666-668].
3. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(4):106-114. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-4-106-114.
4. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(6):188-201. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-6-188-201

УДК 625.768.5

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Дроздова Анастасия Дмитриевна [1], Смирнова Светлана Васильевна [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»., г. Казань, Россия
anastasiya-kuzneczova-1999@list.ru[1], svs.smirnova@gmail.com[2]

Аннотация: В данной работе решаются такие задачи, как разработка и описание структурно-функциональной схемы, временных диаграмм работы информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки, а также блок-схемы алгоритма работы устройства.

Ключевые слова: установка снегоплавильная, утилизация снега, структурная схема.

BLOCK DIAGRAM OF THE INFORMATION AND MEASUREMENT CONTROL CHANNEL OF THE MOBILE SNOW MELTING PLANT

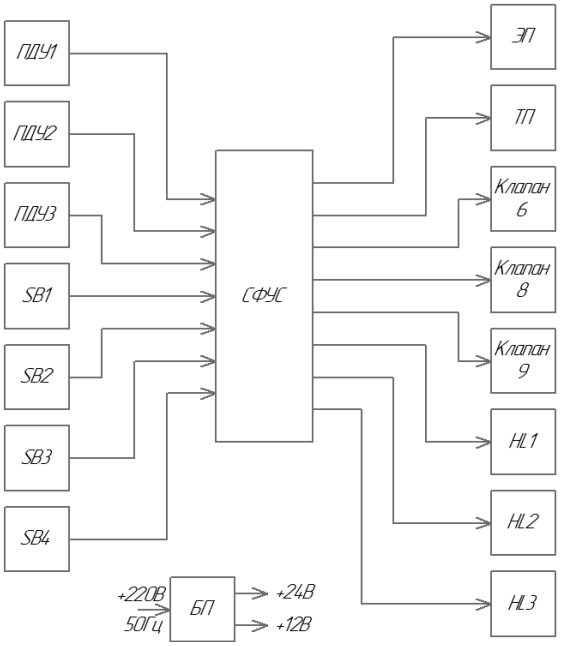
Drozdova Anastasia Dmitrievna [1], Smirnova Svetlana Vasilievna [2]
[1,2] FSBEI HE "Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI ", Kazan, Russia
anastasiya-kuzneczova-1999@list.ru[1], svs.smirnova@gmail.com[2]

Abstract: *This article solves such problems as the development and description of a structural and functional scheme, time diagrams of the information and measurement control channel of a mobile snow melting plant, as well as a flowchart of the device operation algorithm.*

Keywords: *snow melting plant, snow disposal, block diagram.*

Мобильная снегоплавильная установка (патент № 2695676) [1, С.1] предполагает плавление и проведение механической и химической очистки снежных масс [2, С.41], что поможет улучшить экологическую ситуацию [3, С.19].

На рисунке изображена структурно-функциональная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки. Здесь СФУС – это схема формирования управляющего сигнала, которая включает в себя триггер.



Структурно-функциональная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки

При нажатии кнопки SB1 запускается термопанель (ТП) снегоплавильной камеры. Жидкость заполняет камеру. Когда жидкость достигает максимального уровня, срабатывает поплавковый датчик уровня ПДУ1. На панель управления поступает информация о заполнении камеры, загорается светодиод HL1. Далее пользователь выбирает программу «без очистки» или «с очисткой» [4, С.198].

Если необходимости в очистке нет, то нажимается кнопка SB4 и открывается электромагнитный клапан 6. Снегоплавильная камера опустошается. При достижении жидкостью нижнего уровня, срабатывает поплавковый датчик уровня ПДУ2, который закрывает клапан 6. На панель управления поступает информация о том, что снегоплавильная камера пуста, о возможности продолжать работу, загорается светодиод HL2.

Если необходима очистка расплавленного снега, то нажимается кнопка SB3, открываются клапаны 8 и 9, запускается электропривод (ЭП) гидронасоса. Снегоплавильная камера опустошается. При достижении жидкостью нижнего уровня, срабатывает поплавковый датчик уровня ПДУ2, который закрывает клапаны 8 и 9, отключает электропривод гидронасоса. На панель управления поступает информация о том, что снегоплавильная камера пуста, о возможности продолжать работу, загорается светодиод HL2.

В камере шлама расположен поплавковый датчик уровня ПДУ3, который срабатывает при достижении загрязнителем максимального

уровня [5, С.99]. На панель управления поступает информация о необходимости освободить камеру шлама, загорается светодиод HL3.

Таким образом, в данной работе разработана структурная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки, рассмотрен его принцип действия.

Источники

1. Смирнова С.В., Потапов К.А., Мушарапов Р.Н., Мингазетдинов И.Х. Мобильная снегоплавильная установка Патент на изобретение РФ №2695676, 09.01.2018. // Опубл. 25.07. 2019 г. Бюл. № 21.
2. Кузнецова А.Д., Мушарапов Р.Н., Смирнова С.В. «Проблема загрязнения снежных масс и пути ее решения» // «Химия и инженерная экология – XX»: XX Международная научная конференция (школа молодых ученых), 28-30 сентября 2020 г.: материалы конференции. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2020. – С. 39-41. ISBN 978-5-6045150-1-3.
3. Кузнецова А.Д., Смирнова С.В. «Измерение уровня воды в мобильной снегоплавильной установке» // «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве»: VI Национальная науч.-практ. конф., Казань, 10–11 декабря 2020 г.: в 2 т./ редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2020. С. 18-20. ISBN978-5-89873-572-2 (т. 1).
4. Кузнецова А.Д., Смирнова С.В. «Структурная схема блока управления мобильной снегоплавильной установки» // «Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»»: Международная молодежная научная конференция., Казань, 28–30 апреля 2021 года: в 3 т./ редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2021. С. 197-200. ISBN 978-5-6046580-5-5 (т. 3).
5. Кузнецова А.Д., Мушарапов Р.Н., Смирнова С.В. «Обзор установок утилизации и очистки снега» // «Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов»: XX Международная научно-практическая конференция: материалы конференции. Т. III. Чита: ЗабГУ, 2020. С. 94-99. ISSN 2542-0054.

УДК 625.768.5

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Дроздова Анастасия Дмитриевна [1], Смирнова Светлана Васильевна [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»., г. Казань, Россия
anastasiya-kuzneczova-1999@list.ru[1], svs.smirnova@gmail.com[2]

Аннотация: В данной работе решаются такие задачи, как разработка и описание электрической принципиальной схемы информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки.

Ключевые слова: установка снегоплавильная, утилизация снега, электрическая принципиальная схема.

ELECTRICAL SCHEMATIC DIAGRAM OF THE INFORMATION AND MEASUREMENT CONTROL CHANNEL OF THE MOBILE SNOW MELTING PLANT

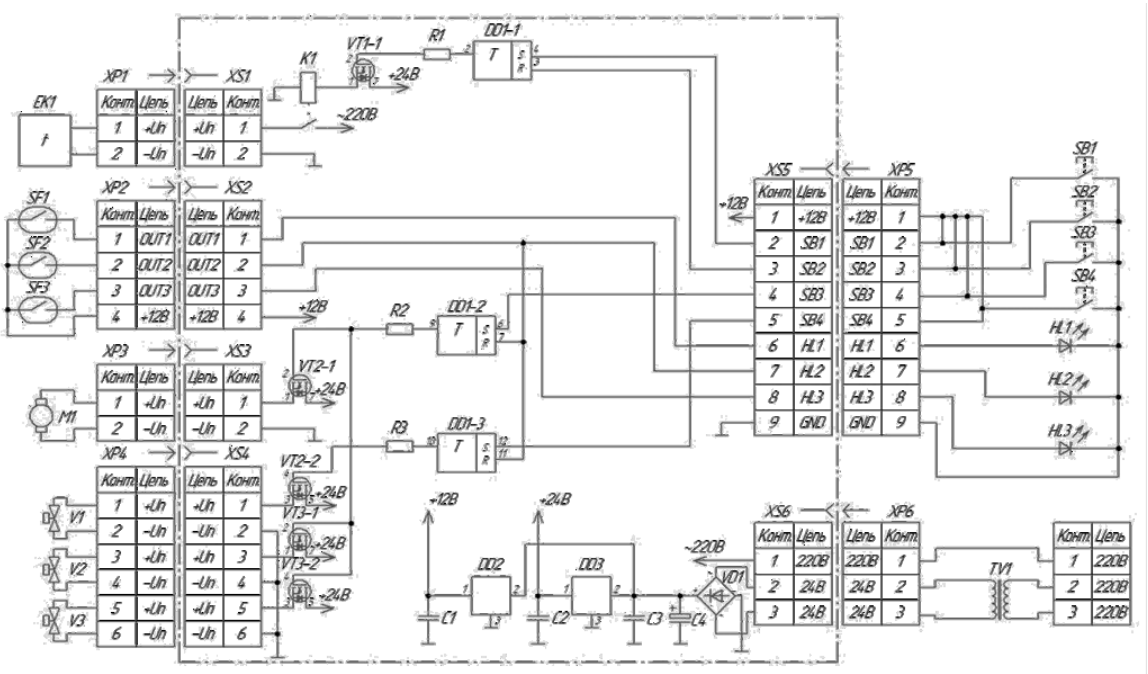
Drozdova Anastasia Dmitrievna [1], Smirnova Svetlana Vasilievna [2]
[1,2] FSBEI HE "Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI ", Kazan, Russia
anastasiya-kuzneczova-1999@list.ru[1], svs.smirnova@gmail.com[2]

Abstract: This article solves such problems as the development and description of the electrical schematic diagram of the information and measurement control channel of a mobile snow melting plant.

Keywords: snow melting plant, snow disposal, electrical schematic diagram.

Мобильная снегоплавильная установка (патент № 2695676) [1, С.1] предполагает плавление и проведение механической и химической очистки снежных масс [2, С.41], что поможет улучшить экологическую ситуацию [3, С.19].

На рисунке изображена электрическая принципиальная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки.



Электрическая принципиальная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки

В схеме используются такие элементы, как:

EK1 – термопанель, которая представляет собой саморегулирующийся низковольтный нагревательный кабель [4, С.198].

M1 – насос, который нужен для подачи загрязненной жидкости для очистки в двухступенчатый гидроциклон-окислитель.

SF1-SF3 – миниатюрные поплавковые выключатели, которые используются для сигнализации предельного уровня жидкости в снегоплавильной камере и камере шлама мобильной снегоплавильной установки.

V1-V3 – электромагнитные клапаны нормально закрытые, которые открываются при подаче напряжения.

Всего в установке используется три электромагнитных клапана:

- клапан для слива жидкости без очистки;
- клапан для подачи жидкости в двухступенчатый гидроциклон-окислитель;
- клапан для подачи окислителя в двухступенчатый гидроциклон-окислитель.

VT1-VT3 – моп-транзисторы, которые выполняют роль ключа. Через моп-транзисторы подается напряжение на электромагнитные клапаны и насос, тем самым происходит управление их работой.

K1 – реле.

DD1 – микросхема К561ТР2, содержащая четыре RS-триггера [5].

Необходимо три RS-триггера:

- для включения/выключения термопанели;
- для включения/выключения программы «с очисткой»;
- для включения/выключения программы «без очистки».

Управление мобильной снегоплавильной установкой осуществляется с помощью панели управления. Панель управления состоит из четырех кнопок и трех ламп. Кнопки SB1-SB4 предназначены для включения/выключения термопанели и выбора программы «с очисткой» или «без очистки». Лампы HL1-HL3 предназначены для сигнализации срабатывания поплавковых датчиков уровня.

Таким образом, в данной работе представлена разработанная электрическая принципиальная схема.

Источники

1. Смирнова С.В., Потапов К.А., Мушарапов Р.Н., Мингазетдинов И.Х. Мобильная снегоплавильная установка Патент на изобретение РФ №2695676, 09.01.2018. // Опубл. 25.07. 2019 г. Бюл. № 21.

2. Кузнецова А.Д., Мушарапов Р.Н., Смирнова С.В. «Проблема загрязнения снежных масс и пути ее решения» // «Химия и инженерная экология – XX»: XX Международная научная конференция (школа молодых ученых), 28-30 сентября 2020 г.: материалы конференции. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2020. – С. 39-41. ISBN 978-5-6045150-1-3.

3. Кузнецова А.Д., Смирнова С.В. «Измерение уровня воды в мобильной снегоплавильной установке» // «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве»: VI Национальная науч.-практ. конф., Казань, 10–11 декабря 2020 г.: в 2 т./ редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2020. С. 18-20. ISBN978-5-89873-572-2 (т. 1).

4. Кузнецова А.Д., Смирнова С.В. «Структурная схема блока управления мобильной снегоплавильной установки» // «Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»»: Международная молодежная научная конференция., Казань, 28–30 апреля 2021 года: в 3 т./ редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2021. С. 197-200. ISBN 978-5-6046580-5-5 (т. 3).

5. Микросхемы К561ТР2 и CD4043A [Электронный ресурс]. https://www.microshemca.ru/M.K561TR2/ (дата обращения: 28.09.2021).

УДК 621.084.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМОРЕЗИСТОРНОГО АНЕМОМЕТРА

Егоров Всеволод Олегович[1], Малев Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Аннотация: В работе рассматривается терморезисторная анемометрическая система с автоматическим измерительным мостом. Описан принцип работы анемометра, приведена передаточная функция измерительной системы. Проведено моделирование полученной структуры, показана необходимость синтеза корректирующего устройства.

Ключевые слова: анемометр, чувствительный элемент, терморезистор, моделирование.

RESEARCH DYNAMIC PROPERTIES OF THERMISTOR ANEMOMETER

Egorov Vsevolod Olegovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Abstract: The paper considers a thermistor anemometric system with an automatic measuring bridge. The principle of operation of the anemometer is described, the transfer function of the measuring system is given. The simulation of the resulting system is carried out, the need for the synthesis of the correcting device is shown.

Keywords: anemometer, sensing element, thermistor, simulation.

В настоящей работе исследуется терморезисторный анемометр (анемометр с нагреваемой нитью), предназначенный для измерения слабых потоков воздуха. Чувствительный элемент анемометра представляет собой пару терморезисторов. В одном из резисторов формируется ток, нагревающий его до температуры $T_{\text{н}}$, превышающей температуру воздуха $T_{\text{в}}$. Величина тока устанавливается такой, что перегрев $T_{\text{н}} - T_{\text{в}}$ в первом приближении остается постоянным независимо от $T_{\text{в}}$ и от скорости потока воздуха V. При этом мощность теплопередачи $W_{\text{т}}$ определяется формулой [1]

$$W_{\text{т}} = (T_{\text{н}} - T_{\text{в}})Q(\rho V), \qquad (1)$$

где ρ – плотность воздуха; V – скорость потока воздуха; Q – коэффициент, который для заданных геометрических параметров системы и состава газовой смеси однозначно определяется произведением ρV.

Электрическая мощность, выделяемая на резисторе, равна $W_i = rI^2$, т.е. при постоянной температуре $T_н$ справедливо равенство $W_т = W_i$, откуда следует соотношение:

$$I = \sqrt{\left[\left(T_н - T_в\right)Q(\rho V) / r_1\right]}. \qquad (2)$$

Сигнал, формируемый на входе термоанемометра, пропорционален току I, следовательно, является функцией величины ρV, которую можно рассматривать как передаточную функцию $F(\rho V)$ термоанемометра.

Электрическая схема термоанемометра показана на рис. 1. Терморезисторы с отрицательным ТКС типа М85 выполнены на основе никеля, зависимость их удельного сопротивления от температуры приведена на рис. 2. В интервале температур $[T_г \ldots T_н]$ эту зависимость можно аппроксимировать линейной функцией (пунктирная прямая на рис. 2, пересекающая температурную ось в точке T_0) [2]. Тогда температурную зависимость сопротивлений r_1 и r_2 можно представить линейными функциями, полагая

$$\begin{aligned} r_1(T) &= w_1(T_г - T_0); \\ r_2(T) &= w_2(T_г - T_0). \end{aligned} \qquad (3)$$

где w_1 и w_2 – коэффициенты, определяемые конструкцией резисторов.

Конструкция чувствительного элемента обеспечивает выполнение условия $w_1 << w_2$, что эквивалентно $r_1 << r_2$. В этой связи при том же напряжении ток, протекающий через r_2, а, следовательно, и мощность, рассеиваемая на этом резисторе, будут малы по сравнению с аналогичными параметрами для r_1. Можно считать, что температура резистора не зависит от управляющего напряжения U, а совпадает с температурой окружающей среды $T_в$ [3, 4]. Наличие в схеме термоанемометра этого резистора позволяет осуществить температурную стабилизацию характеристики передачи $F(\rho V)$.

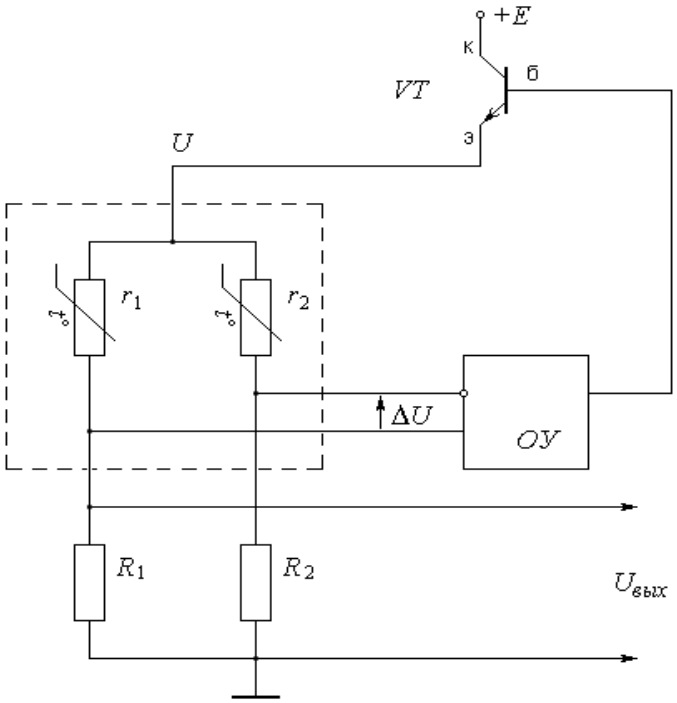


Рис. 1. Электрическая схема термоанемометра

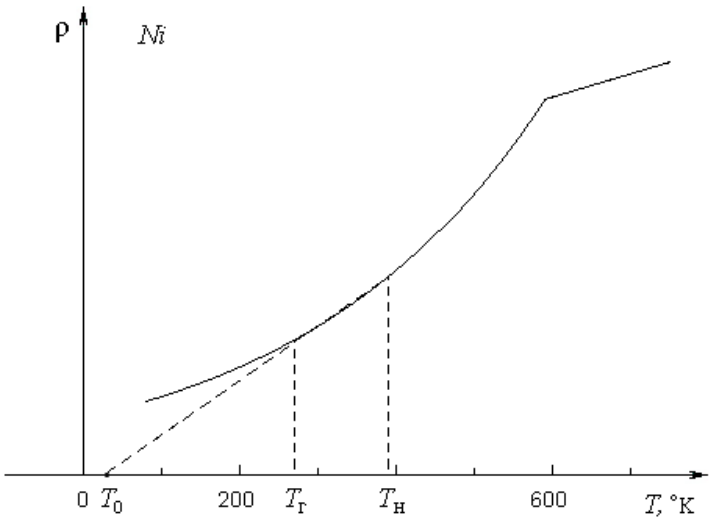


Рис. 2. Температурная зависимость удельного сопротивления терморезистора М85

Передаточная функция измерительной анемометрической системы [5]

$$F(\rho V) = W_t(s) = K\frac{c_3 s^3 + c_2 s^2 + c_1 s + c_0}{c_3 s^3 + (c_2 + Kc_{K2})s^2 + (c_1 + Kc_{K1})s + c_0 + Kc_{K0} + 1}. \qquad (4)$$

В уравнении (4) *K* представляет собой коэффициент усиления обратной связи, зависящий от частоты, параметры *c* зависят от сопротивлений и индуктивности измерительного моста анемометра.

Приведенная передаточная функция позволяет оценить качество переходного процесса и, при необходимости, скорректировать выходной сигнал анемометра в целях получения плавных изменений регистрируемых значений скорости потока воздуха.

Моделирование производим с применением следующей программы в среде MatLab:

```
c3=1; c2=0.5; c1=6.2; c0=1; ck2=0.0001; ck1=0.004; ck0=0.0144; K=5;
num=[K*c3 K*c2 K*c1 K*c0];
den=[c3 (c2+K*ck2) (c1+K*ck1) (c0+K*ck0) 1];
sys=tf(num, den);
step(sys)
```

Результаты моделирования анемометрической измерительной системы в соответствии с выражением (4) показаны на рисунках 3, 4.

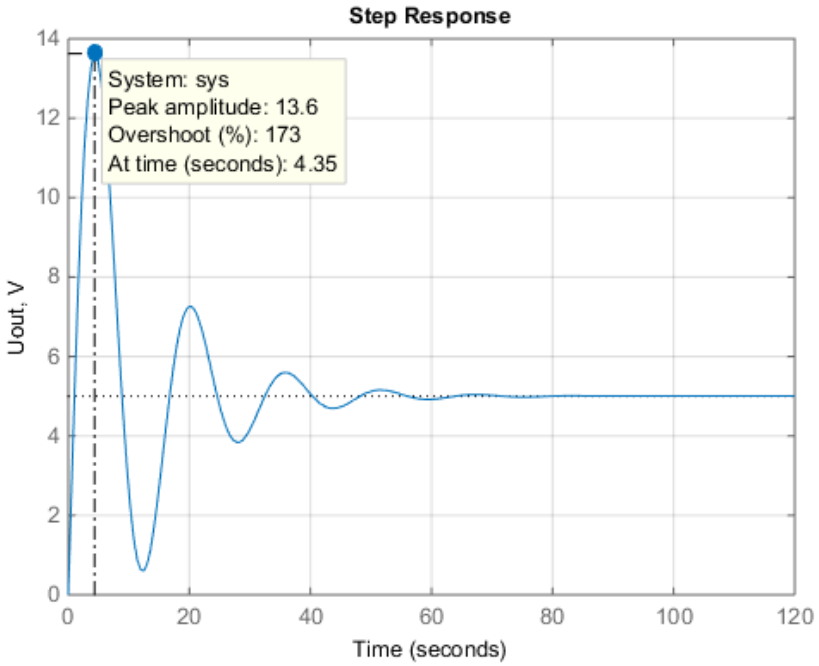


Рис. 3. График переходного процесса терморезисторного анемометра

Из рис. 3 следует, что переходный процесс в исследуемой системе характеризуется существенной колебательностью с перерегулированием около 173% и временем установления около 2 мин. Большой динамический выброс, почти в три раза превышающий выходное напряжение, а также длительное время установления не позволяет эксплуатировать дан-

ную систему для осуществления измерений без применения соответствующих корректирующих устройств.

Источники

1. Ураксеев М.А., Романченко А.Ф., Абдрашитова Д.Р., Шилова С.А. Перспективы термоанемометрических методов измерения расхода газа или жидкости. // Электронный журнал «Исследовано в России». 2001, С. 587-593.

2. Чуйко В.А. Моделирование рабочих характеристик импульсного термисторного термоанемометра //Научные работы Донецкого национального технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация.2004. С. 338-342.

3. Перелыгин Д.Н., Толстопятов С.Н., Павлов В.Ф., Дериглазова Е.Д Особенности эффективного использования термоанемометрических расходомеров газовоздушных сред.//Международная научно-практической конференция Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века. Ч.4. БелГТАСМ. 2000. С. 207-210.

4. Голованова Е.В., Толстопятов С.Н., Дахов С.В., Полухин А.В. Экспериментально-теоретическое исследование планарного никелевого термоанемометра в качестве датчика газового расходомера. // Вестник БГТУ, 2013, №4.

5. Малёв Н.А., Абдуллин Ф.Г., Козелков О.В. Моделирование термоанемометрической измерительной системы с учетом пульсаций скорости потока. Сб. материалов V Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. 2019. С. 3 – 5.

УДК 621.084.2

СИНТЕЗ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА АНЕМОМЕТРИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ЖЕЛАЕМОЙ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ С АСТАТИЗМОМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Егоров Всеволод Олегович[1], Малев Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*maleeev@mail.ru*

Аннотация: В работе описан способ синтеза корректирующих устройств по желаемой передаточной функции. Показана процедура аналитического получения модели корректирующего устройства. Проведено моделирование скорректированного анемометра, определены показатели качества и точности измерительной системы.

Ключевые слова: синтез, эталонная модель, корректирующее устройство, измерительная система, анемометр.

CORRECTION DEVICE SYNTHESIS OF THE ANEMOMETRIC MEASURING SYSTEM BY DESIRED REFERENCE MODEL WITH FIRST ORDER ASTATISM

Egorov Vsevolod Olegovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1,2]*maleeev@mail.ru*

***Abstract**: The paper describes a method for the synthesis of correcting devices for the desired transfer function. The procedure of analytical obtaining of the model of the correcting device is shown. Modeling of the corrected anemometer was carried out, indicators of the quality and accuracy of the measuring system were determined.*

***Keywords:** synthesis, reference model, correcting device, measuring system, anemometer.*

Точность измерения и регистрации физических величин, в том числе изменяющихся во времени, является одним из важнейших требований, предъявляемых к автоматизированным измерительным системам. Повышение точности измерений, а также качества динамических характеристик измерительных систем может быть достигнуто за счет применения аналитического либо графоаналитического метода синтеза корректирующего устройства по желаемой эталонной модели $W_{ж}(s)$ [1, 2, 3].

Определение передаточной функции корректирующего устройства производится по выражению $W_{\text{ку}}(s)=\dfrac{W_{\text{ж}}(s)}{W_{\text{о}}(s)}$ при известной передаточной функции объекта $W_{\text{о}}(s)$. Полученная в результате деления модель $W_{\text{ку}}(s)$ может быть упрощена путём построения и последующей аппроксимации логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) асимптотами с получением типового корректирующего устройства $W^{*}_{\text{ку}}(s)$.

Логарифмические частотные характеристики анемометрической измерительной системы, полученные в соответствии с выражением

$$W_{\text{о}}(s)=W_t(s)=K\frac{c_3s^3+c_2s^2+c_1s+c_0}{c_3s^3+\left(c_2+Kc_{K2}\right)s^2+\left(c_1+Kc_{K1}\right)s+c_0+Kc_{K0}+1},$$

представлены на рис. 1.

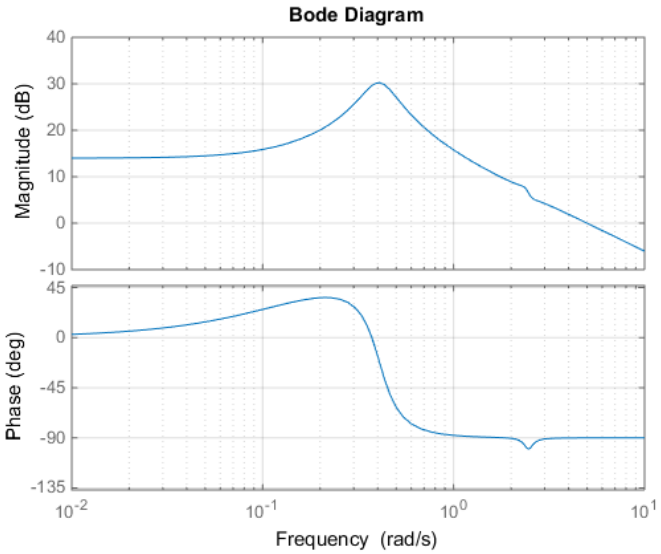


Рис. 1. Логарифмические частотные характеристики анемометрической измерительной системы

Анализ полученных графиков показывает, что система является статической и при изменении измеряемой величины во времени появится кинетическая или динамическая составляющая погрешности, что особенно актуально при измерении скорости потока. Кроме того, наличие резонансного пика на ЛАЧХ говорит о колебательности нескорректированной измерительной системы.

Выберем желаемую передаточную функцию с астатизмом первого порядка с передаточной функцией [4]

$$W_{\text{ж}}(s)=\frac{K_{\Omega}(T_{2\text{ж}}s+1)}{s(T_{1\text{ж}}s+1)(T_{3\text{ж}}s+1)}=\frac{84{,}853(0{,}337s+1)}{s(s+1)(0{,}014s+1)},$$

где $K_{\Omega}=84{,}853\,\text{с}^{-1}$ – добротность по скорости; $T_{1\text{ж}},T_{2\text{ж}},T_{3\text{ж}}$ – постоянные времени, зависящие от показателя колебательности и базовой частоты [5].

Определим передаточную функцию $W_{\text{ку}}(s)$ с применением следующей программы в среде MatLab:

```
c3=1; c2=0.5; c1=6.2; c0=1; ck2=0.0001; ck1=0.004; ck0=0.0144; K=5;
num1=[25.820547620150489257    84.852813742385702928];
den1=[1.4490384377903636850*10^-2   1.0144903843779036369   1   0];
sys1=tf(num1, den1);
num2=[K*c3 K*c2 K*c1 K*c0];
den2=[c3 (c2+K*ck2) (c1+K*ck1) (c0+K*ck0) 1];
sys2=tf(num2, den2);
sys1/sys2
ans =
  25.82 s^5 + 97.78 s^4 + 203.1 s^3 + 555.5 s^2 + 116.8 s + 84.85
 ------------------------------------------------------------------
 0.07245 s^6 + 5.109 s^5 + 7.985 s^4 + 34.02 s^3 + 36.07 s^2 + 5 s
```

ЛАЧХ корректирующего устройства показана на рис. 2.

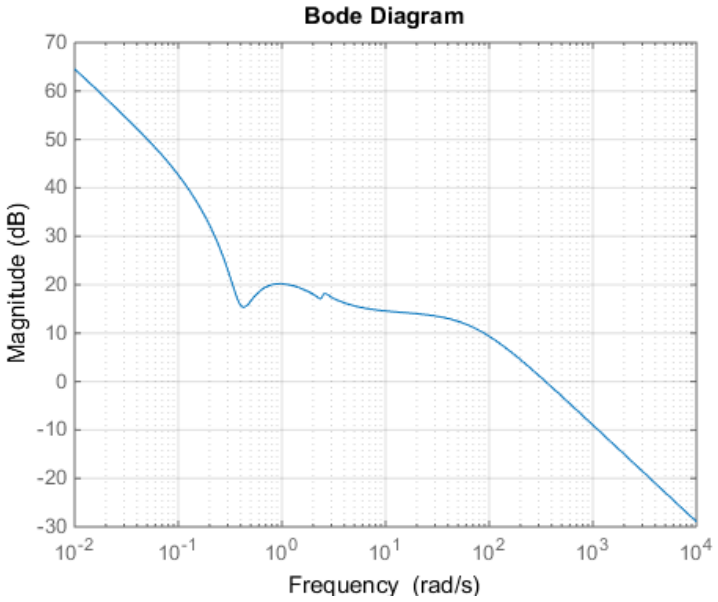


Рис. 2. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика корректирующего устройства

Низкочастотная и высокочастотная области полученной характеристики имеют наклон – 20 дБ/дек, что соответствует интегрирующим звеньям, однако в зоне рабочих частот ЛАЧХ имеет сложный характер, что сви-

детельствует о нецелесообразности аппроксимации. Тогда корректирующее устройство с передаточной функцией

$$W_{\text{ку}}(s) = \frac{25{,}85s^5 + 97{,}78s^4 + 203{,}1s^3 + 555{,}5s^2 + 116{,}8s + 84{,}85}{0{,}07245s^6 + 5{,}109s^5 + 7{,}985s^4 + 34{,}02s^3 + 36{,}07s^2 + 5s}$$

может быть реализовано с применением микропроцессорной техники.

Переходная характеристика скорректированной системы показана на рис. 3.

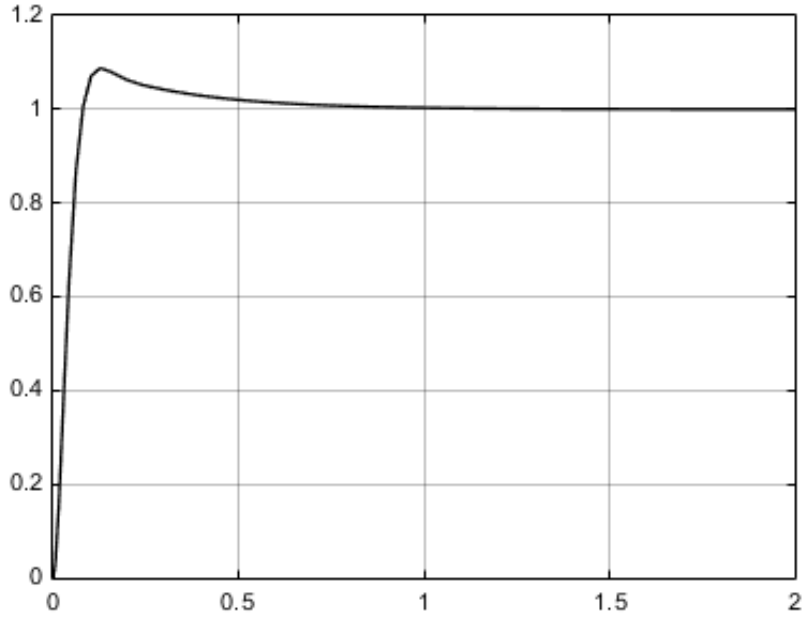


Рис. 3. График переходного процесса скорректированной анемометрической системы

В результате коррекции перерегулирование составило 8 %, а время установления не превышает 2 с, что соответствует предъявляемым к системе требованиям. По теореме о конечном значении установившаяся ошибка измерения $\Delta u(t)$ при неизменном входном воздействии $u_{\text{вх}}(t) = \text{const}$ равна нулю, а при $u_{\text{вх}}(t) = kt,\ k > 0$ $\Delta u(t) = \dfrac{u_{\text{вх}}(t)}{K_\Omega}$, что позволяет сделать вывод сравнительно высокой точности скорректированной анемометрической системы.

Источники

1. Малёв Н.А., Салахутдинова Г.Ф. Применение метода последовательной коррекции для повышения точности измерений с помощью барометрического высотомера. Сб. материалов VI Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный

электропривод в ТЭК и ЖКХ». В 2-х томах. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. Т.1. 2020. С. 34 – 36.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.

3. Малёв Н.А. Расчет и исследование астатического электропривода малой мощности. Казань: Практикум / Казан. гос. энерг. ун-т, 2011. – 127 с.

4. N. A. Malev and O. V. Pogoditsky, «Synthesis of the measuring circuit regulator automatic compensator for the measurement of thermal electromotive force», 2016 13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, 2016, pp. 1-5. Режим доступа: https://doi.org/10.1109/APEIE.2016.7806993

5. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъема крана. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018, № 7-8. С. 99-107.

УДК 62-529

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ СБОРОЧНЫХ ЛИНИЙ

Козелков Олег Владимирович[1], Шабалина Арина Юрьевна [2],
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ok.1972@list.ru, [2]arina.shabalina_12@mail.ru

Аннотация: Робототехника заняла свое место практически во всех сферах деятельности людей, и теперь является неотъемлемой частью современной промышленности. Автоматизация производства и увеличение его объемов, возможна за счет использования автоматизированных сборочных линий.

Целью данной статьи является рассмотрение значимости применения автоматизированных сборочных линий в современном производстве.

Ключевые слова: робототехника, робот, сборочная линия, автоматизация, производство, система управления.

AUTOMATED ASSEMBLY LINE SYSTEMS

Kozelkov Oleg Vladimirovich [1], Shabalina Arina Yurievna [2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»
[1]ok.1972@list.ru, [2]arina.shabalina_12@mail.ru

Abstract: *Robotics has taken its place in almost all spheres of human activity, and now it is an integral part of modern industry. Automation of production and an increase in its volume is possible through the use of automated assembly lines.*

The purpose of this article is to consider the importance of using automated assembly lines in modern production.

Keywords: *robotics, robot, assembly line, automation, manufacturing, control system.*

Робототехника является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса. Роботы применяются в различных сферах: в промышленности, в медицине, в строительстве, в сельском хозяйстве и животноводстве, в науке и т.д.

В современном мире масштабный процесс производства не представляется возможным без внедрения и применения промышленных роботов (ПР). ПР используются практически на всех этапах производства, позволяют заменить человеческий труд при выполнении основных и различных второстепенных операций технологического процесса. Применение промышленных роботов повышает производительность

технологических процессов за счет возможности выполнения широкого спектра технологических задач.

Использование в процессе производства промышленных роботов позволяет решать задачи автоматизации на предприятиях с широкой номенклатурой продукции путем перепрограммирования – замены управляющей программы промышленного робота. Тем самым обеспечивается гибкость промышленного производства. Гибкость производства – это способность в кратчайшие сроки и с минимальными затратами переналаживать производство на изготовление новой продукции.

Универсальность, многофункциональность и быстрая адаптация для решения новых операций – основные преимущества роботов[1].

Промышленные роботы применяются для автоматизации операций на всех видах сборочных работ, сварки, нанесения покрытий, шлифования, зачистки, клепки.

Рассмотрим сборочные робототехнические комплексы. Этот тип робототехнических комплексов по своему значению является, пожалуй, наиболее важным[2]. Кроме того, преимущества применения роботизированных сборочных линий в производстве очевидны, роботы могут выполнить гораздо больший объем работы, чем человек за то же время; они никогда не устают, им не нужна пища, отпуск, а только энергия; могу работать в неблагоприятных условиях труда.

Создание гибких сборочных комплексов на базе промышленных роботов является сейчас одним из основных направлений автоматизации сборочных операций. К сборочным операциям относятся: механическая сборка, электрический монтаж, микроэлектронная сборка. Процесс сборки обычно состоит из следующих последовательных взаимосвязанных операций: это загрузка собираемых деталей в загрузочные и транспортные устройства; перемещение деталей к месту сборки; базирование (фиксация) в строго определенной позиции; собственно, процесс сборки с сопряжением деталей; контрольно-измерительные операции в ходе сборки; удаление собранного узла со сборочной позиции или для перемещения ее на следующую позицию, если сборка еще не закончена. Каждая из таких операций принципиально может быть выполнена с помощью промышленных роботов[3].

Для автоматизации технических операций, обеспечивающих выполнение процесса сборки, требуются специально разрабатываемые системы управления(СУ).

На сегодняшний день производство наиболее современных и распространенных системы управления МР ведется фирмами ABB, KUKA, *Yaskawa Motoman, Fanuc* [4]. Они используют закрытые проприетарные программные обеспечения, позволяющие конечному пользователю получить систему, состоящую из системы управления роботом и самого манипуляционного робота одного производителя. Следует отметить, что такая система гарантирует работоспособность конечного решения, но со стороны пользователя – ограничивает возможности модернизации системы.

Сегодня мир трудно представить без робототехники [5]. Темпы развития роботизированного будущего настолько велики, что возникает вопрос: «А каким оно может стать через несколько лет?». Внедрение инноваций в жизнь – это главный критерий успеха всех отраслей производства. Поэтому сегодняшние специалисты должны быть мобильными, технически грамотными и готовыми к реализации всех новейших разработок в области автоматизации и робототехники.

Источники

1. Челпанов И.Б. Устройство промышленных роботов. СПб.: Политехника, 2001. 203с..

2. Козырев Ю.Г. 'Промышленные роботы. Справочник. 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва: Машиностроение, 1988 - Автоматизация сборочных операций с.392

3. Автоматизированные сборочные линии и роботы-сборщики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sixdof.ru/products/roboty-sborshhiki-i-sborochnye-linii.

4. Байнов А.М., Зарипова Р.С. Робототехника и компьютерное моделирование: задачи и перспективы применения // International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. 2018. С. 4-7.

5. Хайруллин А.М., Зарипова Р.С. Моделирование и программное обеспечение задач управления в робототехнике // Современные научные исследования и разработки. №2(19). 2018. С. 326-327.

УДК/ББК 622.32+539.1

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ИЗ МАЗУТА И СЫРОЙ НЕФТИ

Козелкова Валерия Олеговна[1], Козелков Олег Владимирович[2],
Кашаев Рустем Султанхамитович[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г.Казань, Россия
[1]kozelkovaaa@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru, [3]kashaev2007@yandex.ru

Аннотация: Описаны способы формирования водных (мазутных, нефтяных) эмульсий, используемых в качестве топлива в котельных, тепловых электростанциях, тепловых генераторах тока и др. Предложены методы подготовки образцов эмульсий для проведения экспериментов с электромагнитными полями.

Ключевые слова: водные эмульсии, способы формирование, электромагнитные поля

METHODS OF WATER EMULSIONS FORMATION FROM BLACK MINERAL OILS AND CRUDE OILS

Kozelkova Valeriya Olegovna[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2],
Kashaev Rustem Sultanhamitovich[3]
[1,2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]kozelkovaaa@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru, [3]kashaev2007@yandex.ru

Abstract: *Described the methods of water emulsions formation from black mineral oils and crude oils, used as a fuel in boiler houses, thermal electric power stations, thermal electric generators etc. Proposed methods of emulsions samples preparation for experiments in rotating magnetic and heterogeneous electric fields*

Keywords: *water emulsions, methods of formation, electromagnetic fields*

В последние годы широкое применение на транспорте в качестве топлива находят водо-топливные эмульсии («топэмульсии»), в частности на морском транспорте водо-мазутные эмульсии. Мировая энергетика делает ставку на топливные эмульсии как альтернативу тяжелым нефтяным остаткам - мазуту (М), котельному топливу (КТ), а также дизельному топливу (ДТ). Использование, например, водо-мазутных эмульсий (ВМЭ) и из КТ даёт преимущества, связанные с диспергированием нефтепродукта за счёт взрывов капель в пламени факела: быстрое его сгорание и практически полная конверсия углерода; возможность сжигания при малых концентрациях кислорода; низкая температура сжигания снижает на порядок выбросы в атмосферу полиароматических канцерогенных соединений и на 65- 80% выбросы

окислов азота NO_x; возможность использования золы в качестве руды таких стратегически важных металлов, как ванадий и никель, концентрация которых достигает 260 и 55 мг/кг. Использование ВМЭ на ТЭС и котельных позволяет экономить углеводороды, при этом оборудование требует минимальной адаптации, затраты на которое окупаются за год.

Для реализация способа при очистке сырой нефти от воды и солей во вращающихся магнитном и неоднородных электрических полях [1, 2] из неоднородной смеси воды и нефти должны быть подготовлены более менее гомогенные эмульсии для эффективной их обработки полями.

Для проведения экспериментов на стенде, с помощью шестеренной и пропеллерной (роторной) мешалок, используя ранее полученные зависимости средних радиусов $r_{ср}$(мкм) от времени t (мин) эмульгирования шестеренной мешалкой образцов разных нефтей: туймазинской девонской с $\rho^{20} = 851$ кг/м^3, бавлинской с $\rho^{20} = 890$ кг/м^3, туймазинской угленосной с $\rho^{20} = 890$ кг/м^3, можно аппроксимировать уравнениями, соответствующими данным нефтям:

$$r_{ср}(\text{мкм}) = B_1^{/} \exp(-C_1^{/} t) + B_1^{//} \exp(-C_1^{//} t) \quad (1)$$

$$r_{ср}(\text{мкм}) = B_2 \exp(-C_2 t) \quad (2)$$

$$r_{ср}(\text{мкм}) = B_3^{/} \exp(-C_3^{/} t) + B_3^{//} \exp(-C_3^{//} t) \quad (3)$$

где $B_1^{/} = 2{,}1$ мкм, $B_1^{//} = 0{,}6$ мкм, $B_2 = 2{,}3$мкм, $B_3^{/} = 1{,}85$ мкм, $B_3^{//} = 0{,}4$ мкм, $C_1^{/} = 0{,}052$ с$^{-1}$, $C_1^{//} = 0{,}71$ с$^{-1}$, $C_2 = 0{,}07$ с$^{-1}$, $C_3^{/} = 0{,}043$ с$^{-1}$, $C_3^{//} = 1{,}67$ с$^{-1}$. Была также подготовлена 4 %-я эмульсия нефти плотностью $\rho = 890$ кг/м^3 НГДУ «Джалильнефть» с содержанием солей в воде 15000 мг/л. Эмульсии готовились с помощью шестеренной мешалки в течение 3 минут при комнатной температуре.

Было установлено, что средние радиусы $r_{ср}$ образующихся капель воды в эмульсиях зависят от температуры T °С и времени t(мин) перемешивания, которое для получения однородных эмульсий средним радиусом $r_{ср}$= 2 мкм рассчитывается по формуле:

$$t(\text{мин}) = k1 \exp\{-k2 \cdot \rho\} \quad (4)$$

где $k1 = 9{,}1 \cdot 10^{28}$ (мин), $k2 = 0{,}0775$ (кг/м^3)$^{-1}$, ρ - плотность эмульсии в кг/м^3. Результаты исследования изменения дисперсности (по среднему радиусу капель $r_{ср}$) от температуры T ^{0}С представлены в таблице.

Таблица 1

Изменения дисперсности (по $r_{ср}$) от температуры

Средний радиус капель $r_{ср}$ (мкм)		
Время эмульгирования (мин)	Температура T = 20 °С	Температура T = 80 °С
1	1,90	1,95
3	1,52	1,67
5	1,43	1,75

Эмульсии можно приготовить также с помощью пропеллерной мешалки. В этом случае зависимости получаемых для 10%, 40% и 60%-х водных эмульсий дисперсностей от числа оборотов мешалки будут иметь вид, представленный на рис.1 [3] Таким способом можно достичь средних диаметров капель в пределах 10-60 мкм.

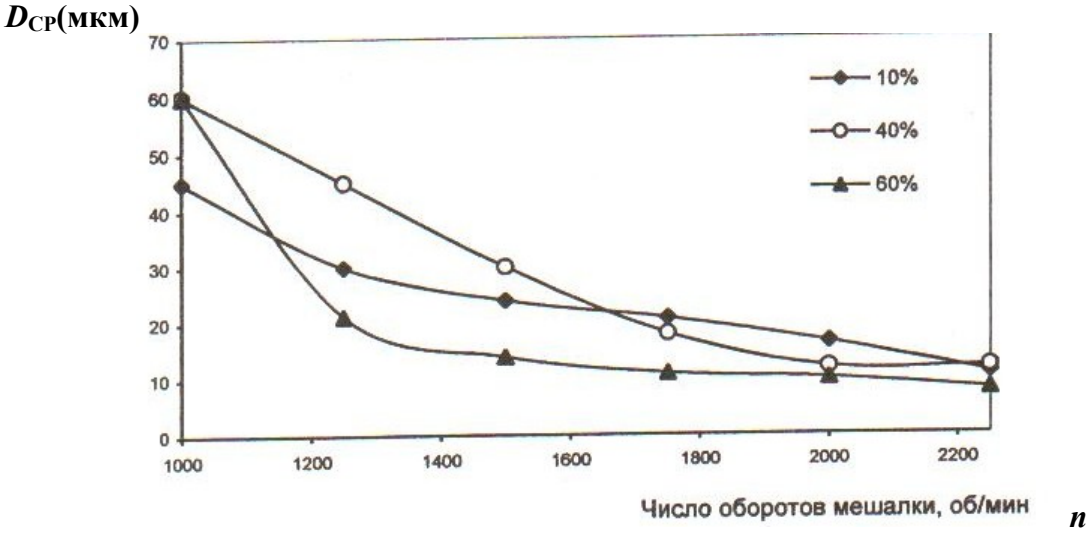


Рис.1. Зависимость среднеарифметического диаметра D_{CP} капель эмульсий нефти разной обводненности (10, 40, 60%) от числа оборотов n мешалки

Источники

1. Кашаев Р.С., Тунг Ч.В., Киен Н.Т., Козелков О.В. Устройство для обезвоживания водонефтяных эмульсий: патент №198224 Рос. Федерация: МПК C10G 33/02, B01D 17/04/; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «КГЭУ». № 2019137175; заявл. 19.11.19; опубл. 25.06.2020, Бюл. №18. 2 с.

2. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике: монография./Махачкала: «Апробация», 2019. - 112 с.

3. Сахабутдинов Ф.Р., Губайдуллин И.Х., Исмагилов Т.Ф., Космачев Р.З. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений / Москва : ВНИИОЭНГ, 2005. - 324 с. - ISBN**:** 5-88595-065-2.

УДК 621.34

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ К ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕХАТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Кузнецов Алексей Борисович
Научно-производственное предприятие «ГКС», г.Казань, Россия
kuznetsov_b@rambler.ru

Аннотация: Приведены основные проблемы, сопровождающие разработку требований к эксплуатации мехатронных объектов на ранних стадиях их внедрения или разработки с позиций системного подхода.

Ключевые слова: мехатроника, объект, эксплуатация, техническое задание, жизненный цикл, готовность, техническое обслуживание, ремонт.

FEATURES OF THE SYSTEM APPROACH TO THE PROBLEM OF REQUIREMENTS DEVELOPMENT READY FOR OPERATION MECHATRONIC OBJECTS

Kuznetsov Alexey Borisovich
Scientific and production enterprise «GKS», Kazan, Russia
kuznetsov_b@rambler.ru

***Abstract**: The main problems accompanying the development of requirements for the operation of mechatronic objects at the early stages of their implementation or development from the standpoint of a systematic approach are presented.*

***Keywords:** mechatronics, object, operation, terms of reference, life cycle, readiness, maintenance, repair.*

Период морального старения технического объекта составляет 7–15 лет [1, С.256]. В течение этого времени вскрываются некоторые конструктивные, технологические и в особенности эксплуатационные его недостатки, которые устраняются доработками, модернизацией или заменой объекта в целом [2, С.14]. Очевидно, что еще на предэксплуатационной стадии жизненного цикла объекта, в ходе проведения НИР, разработки ТТ (ТЗ), ОКР и других работ на все режимы его эксплуатации, включая техническое обслуживание (ТО), ремонт и хранение, необходимо обосновать следующие требования [3, С.47]:

– по условиям эксплуатации (могут быть рабочими и предельными; во время эксплуатации и после нее объект не должен разрушаться и

должен нормально функционировать, а отклонения величин, определяющих его технические показатели, не должны превышать заданных значений);

– по эксплуатационным и дежурным режимам;

– по времени непрерывной или циклической работы;

– по эксплуатации объекта в аварийных ситуациях;

– исключения возможности несанкционированного применения (по необходимости) [4, С.34];

–по видам (календарное, по ресурсу, по техническому состоянию и др.), периодичности и объему технического обслуживания и ремонта;

– по удобству ремонта объекта в условиях эксплуатирующего его предприятия;

– по времени приведения в готовность к исполнению из режима ТО;

– по удобству сборки и разборки объекта при ТО и ремонте;

– по доступности к отдельным составным частям объекта для ТО и ремонта без демонтажа других составных частей;

– по исключению возможности неправильной сборки и неправильного подключения кабелей, шлангов и других ошибок персонала во время эксплуатации;

– по необходимости обеспечения и степени автоматизации дистанционного контроля состояния объекта;

– по видам и составу ЗИП;

– по условиям хранения, периодичности и времени обслуживания в процессе хранения, срокам хранения объекта в различных условиях и технических состояниях и времени перевода его из режима длительного хранения в готовность к применению по назначению;

– по потребным затратам материалов, средств труда, трудоемкости и оперативного времени на проведение ТО, ремонта и хранения;

–по возможностям системы средств эксплуатационного контроля.

Следует заметить, что выполнение всех перечисленных требований будет способствовать не только обеспечению наибольшей продолжительности межремонтных периодов, т. е. наибольшей вероятности готовности объекта к применению по назначению, но и достаточно высокой ремонтопригодности [5, С.126].

Источники

1. Бородин А.И., Кузнецов Б.В. и др. Основы войскового ремонта вооружения и техники РВ и А ВС РФ: Учебник для курсантов военно-

учебных заведений РВ и А ВС РФ. – М: Министерство обороны РФ, 1999. – 378с.

2. Кузнецов Б.В., Козелков О.В., Львова Т.Н. Методологические основы обоснования технических требований к объектам мехатроники / Сб. матер. VI-й Национальная научно-практическая конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Т1. КГЭУ, Казань, 2020г., С.14-17.

3. Алиев Т.И. Основы проектирования систем. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2015. – 121 с. URL: https://books.ifmo.ru/file/pdf/1792.pdf.

4. Лоцманенко В.В.,Кочегаров Б.Е. Проектирование и конструирование (основы). Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. – 96 с. URL: http://window.edu.ru/resource/635/36635/files/dvgtu03.pdf.

5. Зеленский, В. А. Проектирование сложных систем [Электронный ресурс]: электрон. учеб. Пособие / В. А. Зеленский; Минобрнауки России. Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П.Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. (720 Кбайт). Самара 2012 152с. : URL: http: // rtfmoodle.ssau.ru.

УДК 621-313.3

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Латыпов Рафаэль Фанисович[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2], Козелков Олег Владимирович[3]

[1,2,3] ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

[1,2,3] *r.latypov1995@yandex.ru*

Аннотация: В статье рассматриваются преимущества вентильных электроприводов по сравнению с асинхронными применительно к их использованию в насосных установках нефтедобывающих скважин. Целью работы является обоснование актуальности применения синхронных двигателей с постоянными магнитами в технологиях механизированной нефтедобычи.

Ключевые слова: синхронный двигатель с постоянными магнитами, электропривод, механизированная добыча нефти, преобразователь частоты, перегрузочная способность.

SUBSTANTIATION OF THE RELEVANCE OF THE USE OF SYNCHRONOUS MOTORS WITH PERMANENT MAGNETS IN ELECTRIC DRIVES OF PUMPING UNITS OF OIL PRODUCING WELLS

Latypov Rafael Fanisovich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2], Kozelkov Oleg Vladimirovich[3]

[1,2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia

[1,2,3] *r.latypov1995@yandex.ru*

Abstract: *The article discusses the advantages of valve electric drives in comparison with asynchronous ones in relation to their use in pumping installations of oil-producing wells. The purpose of the work is to substantiate the relevance of the use of synchronous motors with permanent magnets in mechanized oil production technologies.*

Keywords: *synchronous motor with permanent magnets, electric drive, mechanized oil production, frequency converter, overload capacity.*

Использование синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) в современном электроприводе основного оборудования нефтедобывающих скважин - инновация. Она повышает эксплутационные показатели и энергоэффективность автоматизированного электропривода.

СДПМ обладают рядом преимуществ: отсутствие обмотки возбуждения на роторе, что снижает электрические потери, обеспечивает повышение КПД и совершенствует условия охлаждения двигателя, высокое отношение максимального допустимого момента к моменту инерции двигателя – что желательно для применения в быстродействующем электроприводе, лучшие массогабаритные показатели, что характеризуется высоким отношением номинальной мощности к массе двигателя [1].

СДПМ – многообещающие электрические машины в диапазоне малых и средних мощностей (на станках –качалках, например, мощность приводных асинхронных двигателей не превышает 55 кВт). Они конструктивно просты и надежны, имеют абсолютно жесткие механические характеристики. Не требуют затрат на возбуждение. Обладают большой перегрузочной способностью и высоким быстродействием в переходных процессах [2].

Электропривод на основе СДПМ перспективен для электроустановок с автономным питанием при высоких требованиях по надежности и качеству регулирования скорости.

Высокая эффективность, малые массогабаритные показатели при больших значениях моментов в сравнении с асинхронными двигателями делают СДПМ хорошей альтернативой системе «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель»[3]. СДПМ до 40 % более компактный, чем аналогичный асинхронный двигатель: он соответствует типоразмеру, который меньше на два стандартных размера. К тому же СДПМ весит на 50 % меньше и его инерция на 60 % ниже, чем у аналогичного асинхронного двигателя. Это означает, что пуск и остановка на 60 % быстрее. СДПМ имеет очень высокий крутящий момент до нижнего диапазона частоты вращения включительно. СДПМ достигает 100 процентов своего номинального крутящего момента сразу при пуске. Так, при 150 об/мин (5 процентов номинальной скорости) крутящий момент может быть равен150 процентам.

Прямой пуск асинхронного двигателя осуществляется подключением обмоток статора к сети. Главный негативный фактор - большие токи, которые превышают номинальное значение в 5-7 раз. Эти токи приводят к нагреву, возникновению динамических усилий

в обмотках. Это способствует повышенному износу изоляции. Резкие изменения момента способны создавать напряжения в механических частях привода, увеличивая их износ. Эти факторы негативно сказываются на надежности электропривода в целом.

Другой недостаток прямого пуска проявляется в сетях малой мощности, например, на объектах нефтедобычи, удаленных от сетей единой энергетической системы и получающих питание от автономных генераторов. Высокие значения пусковых токов в слабых сетях вызывают большие потери напряжения в линиях. Это нарушает процесс пуска двигателя и негативно влияет на работу других потребителей [4]. Замена асинхронного двигателя на СДПМ позволит поднять КПД электро-двигателя до 94% (за счет минимизации потерь в роторе на вихревые токи, а также отсутствия потерь в стержнях короткозамкнутой обмотки) и повысить коэффициент мощности до 0,97. В результате снижаются удельные затраты электроэнергии на единицу добываемой продукции[5].

К преимуществам СДПМ также следует отнести следующее.

- Отсутствие контактов и узлов, которым необходимо обслуживание. У вентильных электродвигателей нет скользящих электрических контактов, что увеличивает их надежность и ресурс по сравнению с электрическими машинами постоянного тока или асинхронными двигателями с фазным ротором, расширяет диапазон достижимых частот вращения. Наиболее высоким номинальным напряжением может быть запитана у СДПМ обмотка якоря, из-за этого конструктивная постоянная момента сильно превышает аналогичную величину классических машин постоянного тока. Это позволяет использовать кабели меньшего сечения и преобразователи электрической энергии на меньшие токи при подключении СДПМ.
- Высокая перегрузочная способность по моменту (ток СДПМ и кратковременно допустимый момент могут превышать номинальные значения в более 5 раз).
- Почти неограниченный диапазон регулирования частоты вращения (1:10000 и более) и абсолютно жесткая механическая характеристика. Регулирования частоты вращения как вверх от номинальной (с постоянством мощности), так и вниз (с постоянством длительно допустимого и максимального моментов), что исключительно важно, например, при эксплуатации штанговых скважинных насосных установок.
- Токи холостого хода минимальные.
- При одинаковых условиях минимальные массогабаритные показатели. Современные редкоземельные постоянные магниты, например, на основе соединения "неодим-железо-бор" способны обеспечить максимальную индукцию в воздушном зазоре даже без концентрации потока на уровне асинхронных машин (до 0,8 Тл.). Основные магнитные и электрические потери в роторе СДПМ

отсутствуют. При сохранении суммарных потерь в машине на постоянном уровне в СДПМ возможно реализовать сильно повышенную линейную нагрузку. Это объясняет более высокую электромеханическую эффективность вентильных двигателей в сравнении с прочими типами бесконтактных электродвигателей переменного тока [6].

Таким образом, вентильный электропривод на базе СДПМ для нефтедобывающего оборудования является универсальным средством электромеханического преобразования энергии и автоматизации технологических процессов нефтедобычи, что говорит об актуальности применения данных электроприводов в составе насосных установок нефтедобывающих скважин.

Источники

1. Нго, Фыонг Ле., Гульков Г.И. Расчет индуктивностей синхронного двигателя с инкорпорированными постоянными магнитами // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 2017. №1. С. 41 – 53.

2. Мичурин Р.А. Моделирование работы синхронного двигателя с постоянными магнитами в среде Simulink / Р.А. Мичурин // Электронные информационные системы. М.: АО «НТЦ ЭЛИНС». 2017. № 3. С. 23-32.

3. Абд Эль Вхаб Амр Рефки, Каракулов А.С., Дементьев Ю.Н. Сравнительный анализ векторного управления и прямого управления моментом // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4. С. 93-99.

4. Гашимов.А.М., Рахманов Р.Н. Исследование влияния пуска мощных асинхронных двигателей газокомпрессорных установок

на режим питающей электрической сети // Энергетика. 2012. №1. С.17-22.

5.. Мирзаянов Р.Р., Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е.. Иследование магнитного поля СДПМ и асинхронным пуском в зависимости от формы паза.

6. Панкратов В.В. Вентильный электропривод: от стиральной машины до металлорежущего станка и электровоза. Электронные компоненты. 2007. № 2.

УДК 621.317.08

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АЛГОРИТМА ДЛЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ УСТРОЙСТВА МАССАЖА ВЫМЕНИ

Ломакин Игорь Владимирович[1], Салех Ахмед Вегдан Абдулкарим [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2] *lomakin_igor@mail.ru*

Аннотация: В работе рассматриваются результаты практического использования модели мехатронного модуля с акселерометрическим каналом контроля перемещений материальной точки на поверхности вымени животного для оценки показателей его колебательности. Объектом исследования является параметры вынужденных колебаний поверхности мышцы на вычисленных резонансных частотах алгоритм их идентификации. В исследовании используются методы, математического, компьютерного и натурного моделирования. Исследованы области возможного применения разработанного алгоритма идентификации параметров колебаний при управлении работой массажного устройства.

Ключевые слова: колебание, устройство массажа, мышечная ткань, акселерометр, измерение, мехатронный модуль, управление.

INVESTIGATION OF THE ALGORITHM OPERABILITY FOR THE MECHATRONIC MODULE OF THE UDDER MASSAGE DEVICE

Lomakin Igor Vladimirovich[1], Saleh Ahmed Vegdan Abdulkarim[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1,2] *lomakin_igor@mail.ru*

Abstract: *The paper considers the results of the practical use of a mechatronic module model with an accelerometric channel for monitoring the movements of a material point on the surface of an animal's udder to assess its oscillation indicators. The object of the study is the parameters of the forced oscillations of the muscle surface at the calculated resonant frequencies of the algorithm for their identification. The research uses methods of mathematical, computer and full-scale modeling. The areas of possible application of the developed algorithm for identifying vibration parameters in controlling the operation of a massage device are investigated.*

Keywords: *oscillation, massage device, muscle tissue, accelerometer, measurement, mechatronic module, control.*

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения молочной продуктивности коров, достигаемой за счет подготовки нетелей к лактации с использованием массажа вымени в период с шестого по восьмой месяц стельности.

Повышение эффективности массажа предполагается за счет определения параметров колебаний вымени и подачи стимулирующих воздействий с резонансной частотой [6].

Цель исследований – определение возможностей формирования импульсных управляющих сигналов моделью мехатронного модуля контроля и управления вакуумом по результатам оценки параметров колебаний мышечной ткани.

В работах [1 и 2] предложена возможная методика идентификации параметров эквивалентного колебательного звена по графику колебания объекта использующая для описания принципа работы мышц трехкомпонентную модель А. Хилла [3], которую можно представить с определённой точностью одним эквивалентным колебательным звеном [4]. Эти же предположения можно использовать при рассмотрении системы вымя – массажное устройство.

Для описания колебания мышечных волокон выбрано вертикальное перемещение низшей точки вымени [5]. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний вымени имеет вид:

$$\ddot{x} + \dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad (1)$$

где β - коэффициент затухания;

ω_0 – частота собственных незатухающих колебаний.

С помощью акселерометра, закрепленного на поверхности вымени, получают мгновенные значения ускорения его поверхности, после окончания возбуждающего воздействия. После фиксации минимумов и максимумов смещений вымени, можно определить их период T и декремент затухания λ. По этим значениям вычисляется коэффициент затухания β, а затем и частота собственных незатухающих колебаний ω_0.

Учитывая большой коэффициент затухания мышцы, возникает сложность с определением точек для оценки декремента затухания. Предлагается использовать следующие характерные точки (рис.1).

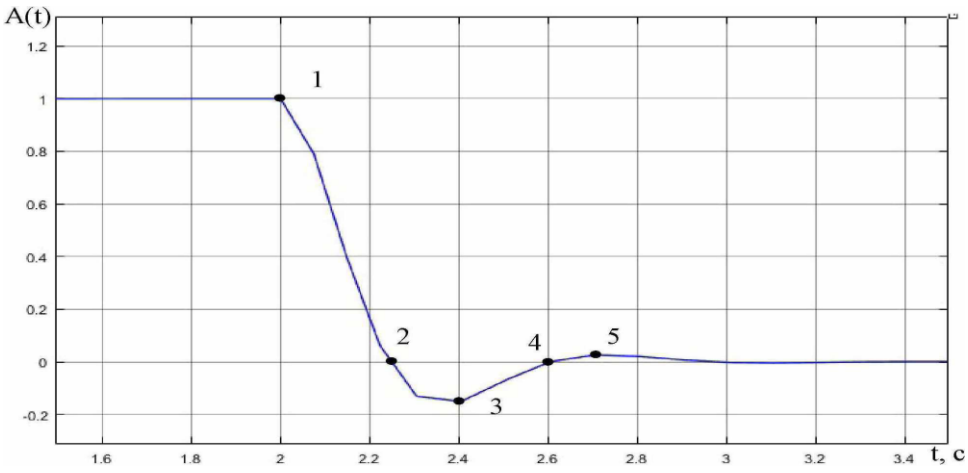


Рис.1. Колебания вымени после внешнего воздействия

Наиболее целесообразно оценивать полупериод собственных колебаний по точкам 2 и 4, однако учитывая, что мышца может совершать не полные колебания, так же определяется период колебаний по точкам 1 и 3.

Вычислительный эксперимент показал, что используемый принцип идентификации параметров эквивалентного колебательного звена по графику колебания объекта вполне работоспособен. Полученные значения параметров используются для вычисления нескольких оценок резонансной частоты вымени. Воздействие на исходное колебательное звено периодическими сигналами на всех трех вычисленных резонансных частотах привело к примерно одинаковому увеличению амплитуды колебаний [6].

Предложенный алгоритм управления был опробован на массажных устройствах, имеющих чашеобразный кожух с упругими массажными элементами, соединенный с источником переменного вакуума [7] и макете вымени. Эксперимент показал, что подача вакуума с резонансной частотой возможна. Однако большой внутренний объем устройства не позволяет сохранить амплитуду колебаний вакуума на резонансной частоте. Вследствие этого ожидаемого увеличения амплитуды вынужденных колебаний вымени не получилось. Однако следует отметить более щадящий режим массажа (при меньших значениях вакуума).

Разработанный алгоритм управления так же был применен на массажных устройствах, имеющих соединенный с источником переменного вакуума цилиндрический кожух у которого верхняя часть сужается к центру и заканчивается присоском, а дно кожуха выполнено из эластичной мембраны с грузом в центре [8, 9] и макете вымени. Эксперимент показал, что подача вакуума с резонансной частотой так же

возможна. Однако большой внутренний объем устройства и малая масса груза не позволяют увеличить амплитуду колебаний устройства на резонансной частоте. Вследствие этого ожидаемого увеличения амплитуды вынужденных колебаний вымени не получилось.

Таким образом натурный эксперимент показал, что алгоритм работоспособен, однако для получения желаемого эффекта требуется доработка конструкций массажных устройств обоих типов.

Источники

1. Ломакин И.В., Парфенов А.А., Шаймуллина А.Ф. Оценка возможности идентификации параметров колебаний мышечной ткани. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. V Национальной науч.-практ. конф.: в 2 т. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2019. Т. 1., с.57-60

2. Ломакин И.В., Шаймуллина А.Ф. Мехатронный модуль контроля параметров колебаний мышечной ткани. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Национальной науч.-практ. конф.: в 2 т. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. Т. 1., с.27-30

3. Трехкомпонентная модель мышцы [Электронный ресурс] URL: https://studfiles.net/preview/1863817/

4. А.В. Самсонова. Биомеханические свойства скелетных мышц человека. [Электронный ресурс] URL: https://allasamsonova.ru/ngu-im-p-f-lesgafta/studenty/biomehanika- myshc-tf/lekcii-po-biomechanike-mysch/biomehanicheskie-svojstva-skeletnyh- myshc-cheloveka/

5. Измерение временных интервалов и периода повторения - [Электронный ресурс] URL: http://helpiks.org/2-24696.html

6. Ломакин И.В., Ахмед В.А.С. Алгоритм для мехатронного модуля устройства массажа вымени. В сборнике: EUROPEAN RESEARCH. сборник статей XXXI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 93-95.

7. Устройство для массажа вымени нетелей. Патент на полезную модель RU 64016 U1, 27.06.2007. Заявка № 2007102362/22 от 22.01.2007.

8. Устройство для массажа вымени нетелей. Патент на полезную модель RU 110920 U1, 10.12.2011. Заявка № 2011120356/13 от 20.05.2011.

9. Устройство для массажа вымени нетелей. Патент на полезную модель RU 118840 U1, 10.08.2012. Заявка № 2012108246/13 от 05.03.2012.

УДК 347.77

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ, КАК ИНСТРУМЕНТ КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЫ В ОБЛАСТИ РОБОТОТЕХНИКИ

Любарчук Фёдор Николаевич[1], Козелков Олег Владимирович[2]
ВОУВО «СПб ВИ ВНГ РФ» [1,] ФГБОУ ВО «КГЭУ» [2], г. Санкт-Петербург[1]
г. Казань, Россия[2]
[1]felu.79@mail.ru, [2]ok1972@list.ru

Аннотация: В статье рассмотрен наиболее значимый результат развития робототехники, проведён анализ обеспечения правовой охраны робототехники, выявлены особенности современной системы обеспечения правовой охраны в РФ, а также выявлены создавшиеся противоречия.

Ключевые слова: робототехника, правовая охрана результатов интеллектуальной собственности, робототехнический комплекс**.**

INTELLECTUAL PROPERTY AS A TOOL COMPETITION IN THE FIELD OF ROBOTICS

Lyubarchuk Fyodor Nikolaevich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
"SPb MEI HE NGT RF"[1], FGBOU VO "KGEU" [2],
St. Peterburg[1], Kazan, Russia[2]
[1]felu.79@mail.ru, [2]ok1972@list.ru

Abstract: *The article considers the most significant result of the development of robotics, analyzes the provision of legal protection of robotics, identifies the peculiarities of the modern system of legal protection in the Russian Federation, and also identifies the contradictions that have arisen.*

Keywords: *robotics, legal protection of intellectual property results, robotics complex.*

На современном этапе своего развития робототехника является наукоёмкой отраслью, включающей в себе десятки смежных научных отраслей таких как; информатика, бионика, искусственные манипуляторы, мехатроника, мобильные машины и механизмы, микропроцессорная электроника и т.п. Каждая в свою очередь включает совокупность знаний, обеспечивающих её функционирование.

История роботов, начавшаяся с примитивных изделий, таких как управляемая повозка Герона, в настоящее время переживает очередной виток активного развития. На сегодняшний день достижения в данной области обеспечили разработку высокотехнологичных изделий с искусственным интеллектом способным заменить человека не только по выполнению ме-

ханических функций, но и по некоторым аспектам и интеллектуальной деятельности. Примером является человекоподобный робот София, произведённая компанией Hanson Robotics. София не только способна осуществлять ряд интеллектуальных функций, в том числе поддерживать беседы, шутить, но и проявлять эмоции (см. рисунок). Робот - гуманоид София впервые в истории человечества была официально признана гражданкой, ей было предоставлено гражданство Саудовской Аравии [1, 2].



Современный робототехнический комплекс (РТК), это синтез инновационных разработок. Степень активности стран и фирм в вопросе разработки РТК является одним из важных показателей развития экономики государства, промышленности и научного кластера. Разработка РТК является одним из перспективных направлений, обеспечивающее лидерам в данной области развитие практически всех сфер экономики и возможность устанавливать свои монопольные правила и требования другим фирмам и странам.

Стремление стран и корпораций к монополизму в области робототехники привело к серьёзной конкуренции в предметной области. Одним из эффективных инструментов обеспечивающим конкурентоспособность, а в большинстве случаев явное превосходство, является активная политика корпораций по обеспечению правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности (РИД) в области робототехники.

Основываясь на результатах анализа [3,4] определено, что в настоящее время наиболее активно разработка РТК, а также получение правоохранных документов ведётся в КНР, порядка 35% от общего количества. Европейский союз - 19 %, лидерами в данной области являются Германия, Франция и Венгрия. Япония и США по -17 %, Южная Корея-7%, и Российская Федерация порядка 5%. Особую важность практика патентования РИД приобретает при учёте многокомпонентности структуры РТК. Современные РТК, включают в конструктивную структуру более 15-18 различных систем. Вся совокупность систем и подсистем входящих в РТК, интегрирована в значительное количество смежных научных и производственных отраслей. Наличие правоохранных документов на РТК и отдель-

но на его системы обеспечивает “контроль” за широким спектром научно-технических направлений.

Анализ изобретательской активности и объёмов полученных правоохранных документов в области РТК, выявил одну из особенностей патентования в РФ в данной области, заключающуюся в активном патентовании в России иностранными представителями. На первый взгляд данный факт демонстрирует признание зарубежными странами роли и места РФ, российских научно-производственных предприятий в области разработки РТК, и института обеспечения правой охраны РИД. Но, данное суждение справедливо только лишь при распространённой и недостаточно верной трактовке патентования как подтверждения авторства и получения возможности коммерциализации РИД, а также попыток представить данный факт за интеграцию и заинтересованность в сотрудничестве с РФ. В тоже время с точки зрения защиты коммерческих интересов иностранных фирм, ценность патентования заключается в ограничительных мерах накладываемых патентом в отношении разработок отечественных научно-производственных предприятий и носит негативный характер. Кроме того, факт того, что патент имеет «географические границы», и длительные сроки правовой охраны, определяет его ценность для зарубежных конкурентов. Применение данных прав позволяет оказывать значительное давление на возможных конкурентов, а в совокупности с санкциями и устранять их. При этом активно используются такие патентных технологий как «зонтичные патенты», «рекламные патенты», «адаптационные патенты» и т.п. [5].

Однако, несмотря на применяемые ограничения и запреты, а также использование различных «патентных технологий», сложившаяся ситуация в ряде случаев является импульсом к разработке принципиально новых устройств, способов, технологий и т.п., которые в свою очередь требуют полноценной правовой охраны не только на территории РФ, но и за рубежом.

Таким образом, целесообразно сделать вывод, что наиболее важным показателем развития государства является инновационная активность предприятий промышленности. В настоящее время одним из динамично развивающихся инновационных направлений является робототехника. В целях достижения лидирующих позиций в области робототехники ряд фирм активно используют такие инструменты устранения конкурентов как санкции и патентные технологии. В тоже время Российские предприятия промышленности до настоящего времени не в полной мере используют существующие способы и методы противодействия недобросовестной конкуренции. В целях достижения лидирующих позиций в вопросах робо-

тотехники наравне с созданием и внедрением инновационных разработок в РТК, должен использоваться весь спектр законных способов правовой охраны, защиты своих инновационных РИД и противодействия недобросовестной конкуренции. Реализация данных способов требует как активного развития отечественной науки и промышленности, так и подготовки специалистов в области управления интеллектуальной собственностью.

Источники

1. Любарчук Ф.Н., Имаева Н.Д. «Защита результатов интеллектуальной деятельности в условиях реализации государственной программы «Конверсия-2», с.148-152., Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. Выпуск 3 (103), 2018, Москва, 2019 г.

2. Любарчук, Ф.Н. «Роботизированные установки как объект интеллектуальной собственности», с. 133-129 Аннотированный сборник научно-исследовательских ВКР среди магистров Университета ИТМО. Сборник трудов.- СПб.:Университет ИТМО, 2019г.

3. Статистическая информация об использовании интеллектуальной собственности. https://new.fips.ru/about/deyatelnost/sotrudnichestvo-s-regionami-rossii/statisticheskaya-informatsiya-ob-ispolzovanii-intellektualnoy-sobstvennosti.php.

4. Статистика в области интеллектуальной собственности. https://www.wipo.int/ipstats/ru.

5. Соколов Д. Ю. Создание зонтичного и маскирующего патентов в области высоких технологий // Наноиндустрия, № 4, 2010.

УДК 681.5

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССИВНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Муратова Адэля Мавлетовна [1], Плотников Владимир Витальевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]adelamuratova59@gmail.com, [2]carpenter_wowa@mail.ru

Аннотация: в статье разобраны понятие автоматизированной системы управления технологическим процессом, основные составляющие, какие результаты даёт её организация и применение. Рассмотрены преимущества внедрения на производстве контроллера Modicon M528 и инвертированной разрывной мембраны HPX®.

Ключевые слова: противоаварийная защита, мембранное предохранительное устройство, блокировка, предохранительный клапан, распределенная система управления

ISSUES OF ORGANIZATION OF PASSIVE PROTECTION OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Muratova Adelya Mavletovna [1], V Plotnikov ladimir Vitalievich [2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]adelamuratova59@gmail.com, [2]carpenter_wowa@mail.ru

Abstract: *the article examines the concept of an automated process control system, the main components, what results its organization and application gives. The advantages of introducing a Modicon M528 controller and an inverted HPX® bursting membrane in production are considered.*

Keywords: *safeguarding system, membrane safety device, interlock, safety valve, distributed control system*

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) представляет собой систему, состоящую из персонала и оборудования с программным обеспечением. Она используется для решения вопросов автоматизации управления данным оборудованием на предприятии. Основные функции АСУ ТП представляют собой обеспечение мониторинга и регулировки работы устройств, создание противоаварийной автоматической защиты и четкого управления оборудованием.

Первостепенная задача АСУ ТП это уменьшение риска жизни человека, работающего на промышленном производстве. Реализации

происходит благодаря противоаварийной защите (ПАЗ), которая является частью АСУ ТП [4]. Противоаварийная защита – система безопасности технологического процесса, построенная на средствах измерения, вычислительной технике и исполнительных устройствах. ПАЗ обеспечивает внедрение безлюдной автоматической технологии защиты, что увеличивает гарантию защиты работников, так как система работает круглосуточно. Основные элементы структуры противоаварийной защиты составляют анализ факторов, способствующих развитию аварийной ситуации, обработка полученных данных, исполнительные механизмы. Задачи, выполняемые ПАЗ: диагностика и логическая обработка входной информации, отправка сигналов на исполнительные механизмы, дистанционное управление исполнительными механизмами со станции технолога-оператора при условии санкционированного доступа, либо со специальной оперативной панели ПАЗ, выдача информации от ПАЗ к РСУ, определение исходной причины останова технологического процесса. Рассмотрим преимущества работы системы ПАЗ на производстве при внедрении технического устройства *Modicon* M528. По данным производителя *Schneider Electric* в России использование данного контроллера экономит на сопутствующих расходах в среднем от 1,25 млн долларов США благодаря сертифицированной системе информационной безопасности, также повышает эффективность производственного процесса за счет пятикратного сокращения времени сканирования. В добавок предприятие получит до 2 миллионов долларов США в год для типичного крупномасштабного производственного предприятия благодаря новейшим технологиям обработки [3].

Говоря о защитных установках, следует рассмотреть предохранительный клапан и мембранное предохранительное устройство (МПУ). Предохранительный клапан – это устройство, обеспечивающее защиту системы от перегрузок давления путем автоматического сброса рабочей среды. Он защищает производственный процесс от повреждения или разрушения, так как в случае критического значения давления в машинах, оборудовании идёт нарастание напора в пружинном механизме, что вызывает сжатие напора и отодвигание затвора. Когда показатели опускаются до номинальных значений, конструкция возвращается в исходное положение и сброс веществ прекращается. Отметим, что предохранительный клапан обеспечивает надежность работы систем терморегуляции (даже в аварийных ситуациях), которые в свою очередь позволяют добиться значительной экономии расходов на отопление – в среднем до 20 % в течение года и до 60-70 % в осенне-весенний период [2].

Далее рассмотрим мембранное предохранительное устройство. Оно состоитиз разрывной предохранительной мембраны (одной или несколь ких) и узла ее крепления (зажимающих элементов) в сборе с другими элементами, обеспечивающее необходимый сброс массы парогазовой смеси при определенном давлении срабатывания. Различают два вида: с разрывными мембранами, с «хлопающими» мембранами. Данные защитные установки применяются для устранения возможности разгерметизации, перегрева, механических повреждений и разрыва соединительных частей. Практика применения модели инвертированной разрывной мембраны HPX® показывает, что она обеспечивает испытанную производительность свыше 250 000 циклов при коэффициенте полезного действия 95 % [5].

Не менее важным предназначением АСУ ТП выступает защита оборудования. Обеспечение безопасной эксплуатации технического оснащения предприятия осуществляется за счет использования блокировок. Благодаря им обеспечивается надежность срабатывания и несрабатывания защиты на производстве [6].

В устранении возникновения неисправностей или поломок оборудования помогает распределенная система управления (РСУ). Она реализуется на базе специальной вычислительной техники, и её использование может рассматриваться исключительно в технологических процессах [4]. Данная система строится на основе отказоустойчивой высоконадежной вычислительной техники промышленного исполнения для долговременной круглосуточной эксплуатации на технологических объектах, для которых последствия отказа представляют серьезную угрозу для оборудования, для жизни и здоровья людей.

Внедрение автоматизированной системы управления в производственные процессы осуществляет сокращение времени, затраченного на выполнение сложных работ, повышает удобство управления технологическим процессом, но самое главное обеспечивает защиту человека, принимающего участие в работе с опасными оборудованиями и механизмами [1]. Преимущества применения АСУ отражены в исключении риска поломки и сбоев в работе оборудования, также уменьшение ошибок со стороны персонала.

Источники

1. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для прикладного бакалавриата. - 2-е изд. М.: Юрайт, 2019. С. 13.

2. Каталог Heizen Armaturen 20.12.2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rostherm.ru/wp-content/uploads/2019/12/Каталог-Heizen-Armaturen-20.12.2019.pdf. – Дата доступа: 01.10.2021.

3. Schneider Electronic Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.se.com/ru/ru/product-range/62098-контроллер-modicon-m580-epac/#overview. – Дата доступа: 03.10.2021.

4. Федоров Ю.Н Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. - М.: Инфра-Инженерия, 2008. С. 9, 840-841, 911.

5. Continental Disc Corporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.directindustry.com.ru/prod/continental-disc-corp/product-15429-1337175.html – Дата доступа: 05.10.2021.

6. Зайцева Н.М., Клецель М.Я., Никитин К.И., Таронов К.С. Повышение чувствительности защит линий к двухфазным КЗ за маломощными трансформаторами. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2015; (3-4):11-16. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2015-0-3-4-11-16

УДК 621-313.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСАС ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Назипов Расул Раилевич, Ситников Сергей Юрьевич
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
therokzn@mail.ru , sitnikov.sy@kgeu.ru

Аннотация: В статье предложен способ проектирования устройства, измеряющее *TrueRMS* значений переменного тока с использованием микроконтроллера, используя специальное программное обеспечение.

Ключевые слова: микроконтроллер, программное обеспечение, *RMS*-значения тока, прошивка.

DESIGNING THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX WITH THE HELP OF SPECIAL SOFTWARE

Nazipov Rasul Railevich, Sitnikov Sergey Yurievich
FSBEI HE « Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
therokzn@mail.ru, sitnikov.sy@kgeu.ru

Abstract: *The article proposes a method for designing a device that measures TrueRMS of AC values using a microcontroller using special software.*

Key words*: microcontroller, software, RMS current values, firmware.*

Цифровизация многих отраслей и сфер деятельности в рамках четвертой промышленной революции требует решения многочисленных, иногда и рутинных, задач. Очевидно, что повсеместное внедрение цифровых технологий требует решения задачи учета электроэнергии, в том числе, в целях ее оперативного распределения. Классические подходы учета электроэнергии в современных условиях применять все более затруднительно из-за того, что форма тока и напряжения в сетях в большинстве случаев отличается от чисто синусоидальной, вследствие повсеместного использования импульсных схем источников питания и управления. В этих условиях, когда форма тока в сети отличается от синусоидальной, приходится применять методы измерений, основанные на вычислении среднеквадратичного значения.

Величину переменного напряжения или тока, при классическом подходе, измеряют приборами электромагнитного типа или специальными, основанными на определенных физических эффектах, среднеквадратичными измерителями. Поскольку напряжение синусоидальной волны изменяется во времени, оно не равно ее пиковому напряжению. Эффективное напряжение переменного тока является его эквивалентностью в виде напряжения постоянного тока и может быть точно зафиксировано только с помощью *TrueRMS* приборов.

Аббревиатура RMS пришла из зарубежной технической литературы и раскрывается как «rootmeansquare». Формула *TrueRMS* выглядит следующим образом [1]:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1}\int_{T_1}^{T_2} (I_p \sin(\omega t))^2 \, dt} \qquad (1)$$

Измерительные приборы класса *TrueRMS* должны вычислять данную формулу в непрерывном цикле. Данную задачу можно решить с помощью микроконтроллеров семейства STM32, способных вычислять значения с плавающей точкой с очень быстрой скоростью [2].

Применение микроконтроллеров в подобных приборах потребует определенные усилия в их проектировании. Правильно спроектированная система не будет затрачивать лишние ресурсы на свою работу [3]. Для высококачественного проектирования ПАК была использована программа «ProteusISIS», разработанная компанией «*Labcenter Electronics*».

Proteus является мощной системой автоматизированного проектирования, позволяющая виртуально смоделировать работу огромного количества аналоговых и цифровых устройств, включая микроконтроллеры, выявляет ошибки, допущенные на стадии проектирования и трассировки [4].

На рис. 1 представлена блок-схема прибора измерения *TrueRMS* значений тока.

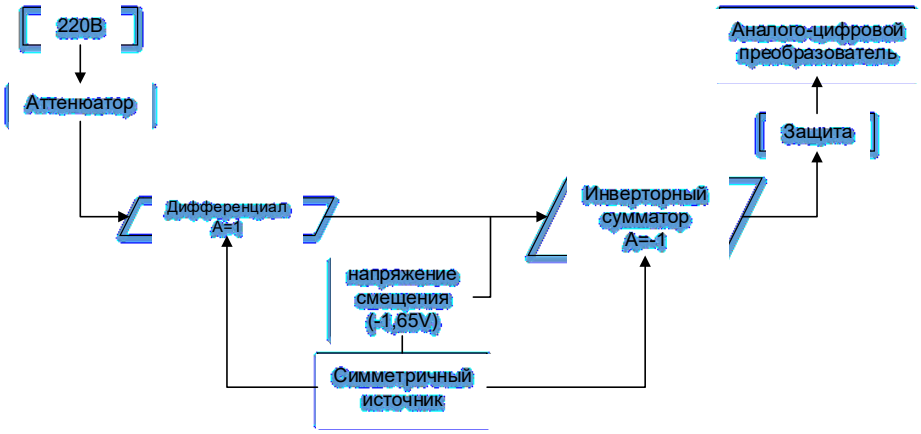


Рис 1 Блок схема измерителя *TrueRMS* значений

Используя данную блок-схему можно сформировать схему прибора в среде *ProteusISIS* (см. рисунок 2). В более совершенном варианте схемы предполагается для измерения тока использовать микросхему *TIINA*219, обладающую цифровым интерфейсом для сопряжения с микроконтроллером.

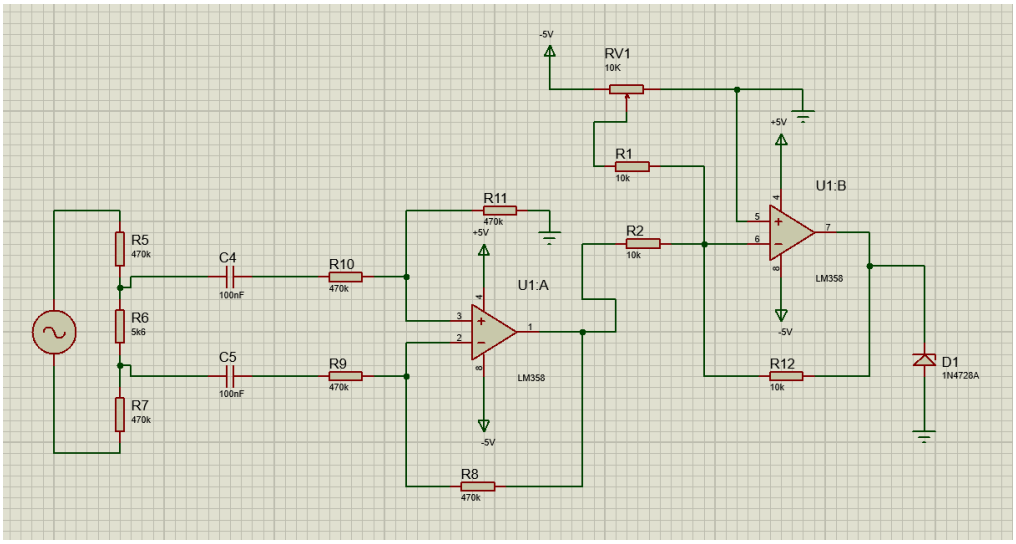


Рис. 2 Вариант схемы измерителя *TrueRMS* значений в *ProteusISIS*

Сигнал от тока проходя по схеме попадает в микроконтроллер, который в свою очередь вычисляет полученные значения по формуле (1). Расчет интеграла производится численным методом - использован метод Симпсона. Микроконтроллер *STM*32 способны вычислять значения с плавающей точкой и на данный момент они не столь дороги.

Для конфигурирования микроконтроллера используем программу *STM32CubeIDE*. Данная программа помогает программисту в настройке и прошивке микроконтроллера.

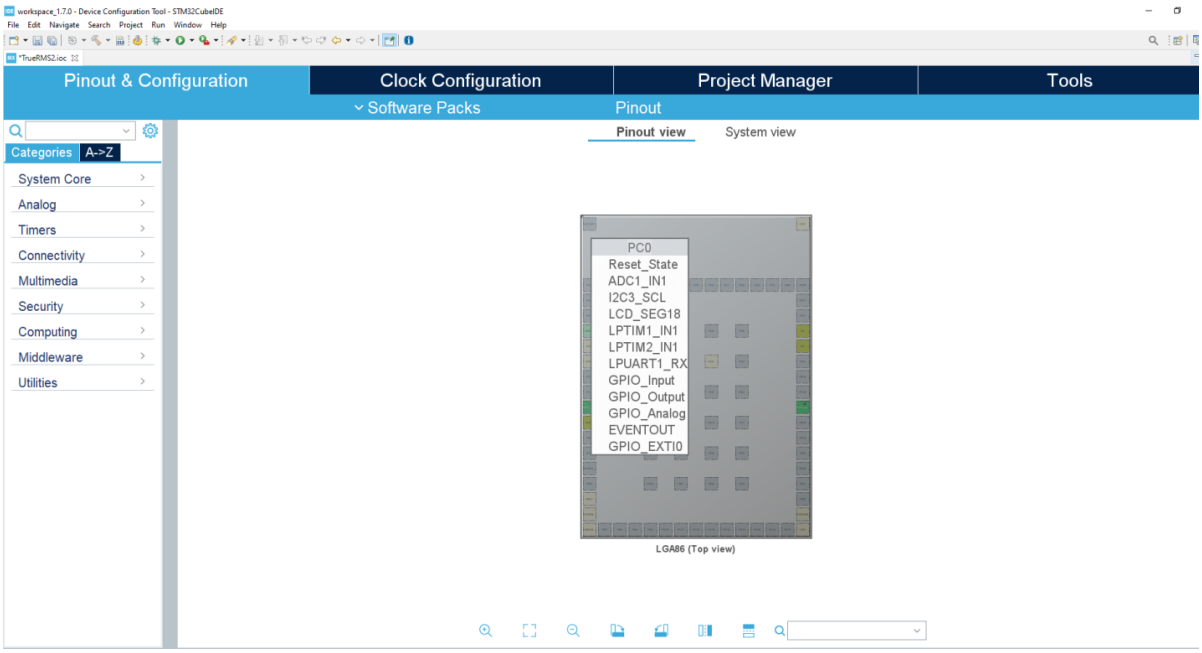


Рис. 3 Настройка микроконтроллер

Делаем составление схемы подключения выводов и программирование микроконтроллера в одной программе (см. рисунок 3). Программирование *STM*32 выполняется на языке C/C++ [5].

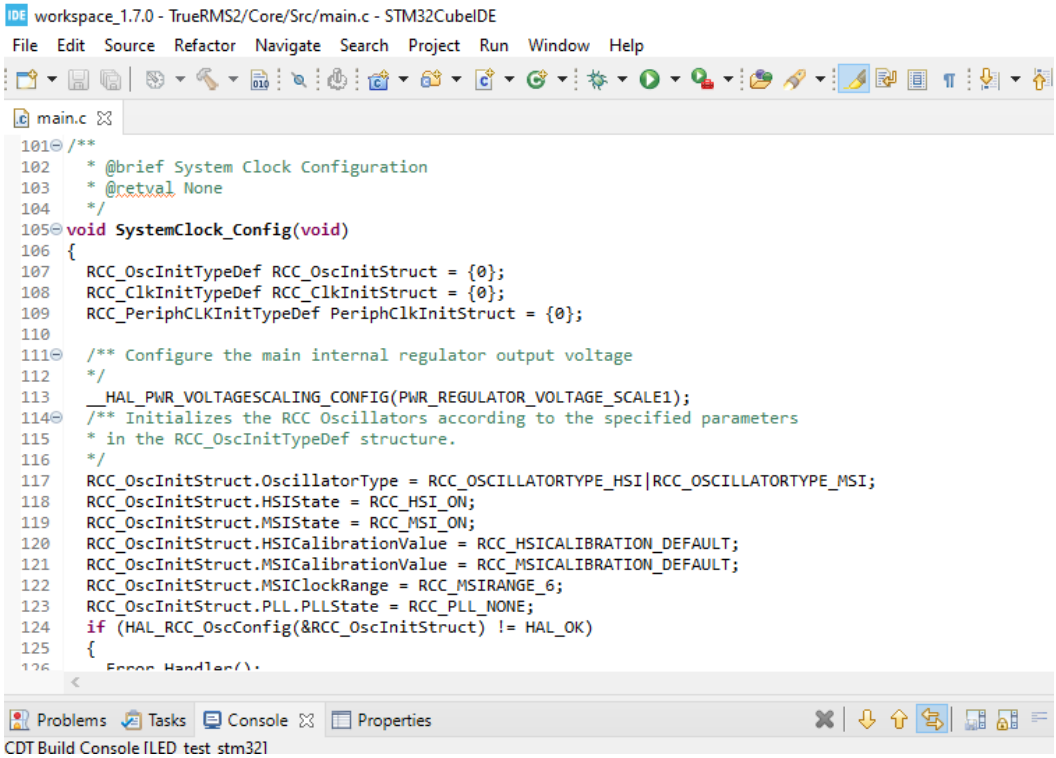


Рис. 4 Фрагмент программного обеспечения микроконтроллера

После компиляции и проверки на ошибки эту прошивку можно сохранить в формате HEX и использовать для дальнейших нужд. Использованное программное обеспечение (*STM32CubeIDE/MX*, *Proteus-ISIS*) многократно облегчают проектирование устройств на базе плат разработчика, программирование и прошивку микроконтроллеров и т.д. После этапов проектирование с помощью данных программ программист находит для себя оптимальное решение и ему остается лишь применить комплектующие и собрать физический макет своего устройства.

Источники

1. Истинное среднеквадратичное значение [Электронный ресурс]. https://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=50187 (дата обращения: 11.11.21).
2. Метод измерения действующего значения напряжения с применением МК [Электронный ресурс]. https://habr.com/ru/post/193022/ (дата обращения: 13.11.21).
3. Михаэль Х. Микроконтроллеры для начинающих; пер. с англ. А.В. Евстифеева. // Додэка-XXI. 2017. С. 27-30.
4. Proteus (система автоматизированного проектирования) [Электронный ресурс]. https://ru.wikipedia.org/wiki/Proteus (дата обращения: 13.11.21).
5. STM32CubeIDE – новый универсальный инструмент разработки от ST.[Электронный ресурс]. Доступно по http://compel.ru/lib/125813. (дата обращения: 14.11.21).

УДК 621.31

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Новоселова Елизавета Александровна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
novoselova.ea@kgeu.ru

Аннотация: Проведение работ на скважинах во многом зависит от того, какой технологический процесс добычи нефти используется, какое спущено в скважину подземное оборудование и как работает подземное и наземное оборудование скважины, каким способом эксплуатируется. При правильном подборе оборудования возможна надежная работа глубинно-насосных установок, точном уравновешивании, качественном выполнении монтажных работ, соответствие технологического режима эксплуатации скважины, управление штангового глубинного насоса, программно-аппаратного комплекса контроля, а также сбор и обработка информации на всех уровнях управления.

Ключевые слова: нефтедобыча, штанговый глубинный насос станции управления, станция управления, контроллер.

OPERATION AND AUTOMATION OF PUMPING PLANT OPERATION CONTROL

Novoselova Elizaveta Alexandrovna
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
novoselova.ea@kgeu.ru

Abstract: *The performance of work on wells largely depends on which technological process of oil production is used, which underground equipment is lowered into the well and how the underground and ground equipment of the well works, how it is operated. With the right selection of equipment, reliable operation of deep-pumping installations, accurate balancing, high-quality installation work, compliance with the technological mode of operation of the well, control of the rod deep pump, software and hardware control complex, as well as the collection and processing of information at all levels of management is possible.*

Keywords: *oil production, rod deep pump control station, control station, controller.*

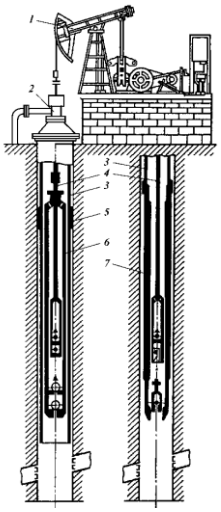
В мировой практике наиболее распространенным способом добычи нефти применение штанговых насосных установок, который охватывает более 2/3 общего действующего фонда. Дебит скважин, оборудованных (ШГН), составляет от нескольких сотен килограммов до несколько

десятков тонн. Насосы спускают на глубину до 2000 метров, в отдельных случаях до 3000м.

В России станки-качалки выпускаются по ГОСТ 5866-76, НКТ - по ГОСТ 63380, штанги - по ГОСТ 13877-80, устьевые сальники - по ТУ 26-16-6-76, скважинный насос и замковые опоры - по ГОСТ 26-16-06-86.

Скважинная штанговая насосная установка (УСШН) (см.рисунок) состоит из станка-качалки 1, оборудования устья 2, колонны НКТ 3, подвешенных на планшайбе, колонны насосных штанг 4, штангового насоса вставного *б* или невставного 7 типа. Вставной насос *б* крепится в трубах НКТ с помощью замковой опоры 5. Скважинный насос спускается под уровень жидкости.

Возвратно-поступательное движение плунжера насоса, подвешенного на штангах, обеспечивает подъем жидкости из скважины на поверхность. При наличии парафина в продукции скважины на штангах устанавливают скребки, очищающие внутренние стенки НКТ. Для борьбы с газом и песком на приеме насоса могут устанавливаться газовые или песочные якоря.



Штанговая насосная установка

ГОСТ 5866-76 предусматривает изготовление станков-качалок 13 типоразмеров. Каждый тип станка-качалки характеризуется максимальными допускаемыми нагрузками на устьевой шток, длиной хода устьевого штока и крутящим моментом на кривошипном валу редуктора, числом двойных ходов балансира в минуту.

Обычные конструкции станка-качалки за рубежом производятся по спецификации 11Е стандарта АНИ. Диапазон показателей: грузоподъемность 2-20 т; длина хода 0,5-6,0 м; крутящий момент до 12000

кг-м. В России наиболее известны фирмы «*Lufkin*» (США), «*Indystrial CA*» (Румыния).

При эксплуатации штанговых насосных установок возникает ряд проблем, связанных с обеспечением, с одной стороны, максимального дебита скважин, а с другой – достаточной надежности в работе оборудования.

К программно-аппаратному комплексу контроля и управлению ШГН предъявляются жёсткие требования в подходе автоматизации процессов нефтедобычи. Это связано с высокой стоимостью электроэнергии, снижение затрат на ремонт скважин, истощение ресурсов нефтяных пластов и т.д.

В настоящее время применяется несколько способов добычи нефти из малодебитных скважин: периодический режим «накопление – откачка», непрерывный режим откачки с согласованием производительности насосной установки с дебитом скважины, повышение пластового давления путем заводнения пласта. Непрерывный режим является самым эффективным с точки зрения условий работы глубинного насоса и затрат энергии. При этом возникает необходимость согласования скорости откачки со скоростью накопления путем управления производительностью насоса с помощью регулируемого электропривода с созданием соответствующей системы управления.

В связи с ростом механизированного фонда скважин и интенсификации процессов возрастает значение автоматизации технологического процесса добычи нефти, включая автоматизацию управления режимами работы насосных установок, сбора и обработки информации на всех уровнях управления. Автоматизированные станции управления (СУ) с датчиками позволяют проводить непрерывный контроль технологических параметров на скважинах и автоматически управлять процессом добычи. Они обеспечивают дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки, периодический режим эксплуатации, плавное регулирование скорости вращения при помощи преобразователя частоты.

Также автоматизация дает существенный технико-экономический эффект за счет увеличения ежесуточного дебита скважин вследствие установления рациональных режимов работы, сокращения потери нефти и затрат на ремонт оборудования.

Источники

1. Тагирова К.Ф. Повышение эффективности добычи нефти на основе координации управления технологическими процессами и объектами / вестник УГАТУ, ВТиИ. т.10, № 2 (27). С.48-52

2. Ахметгаряев Р.Т. Прямое управление моментом в электроприводе скважинных штанговых насосных установок / Р.Т. Ахметгаряев, Н.К. Андреев // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2011. № 9/10. С. 100–104.

3. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour.

4. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

5. Горев С.М. Автоматизация производственных процессов нефтяной и газовой промышленности. Курс лекций. Ч.1 – Пертопавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. – 121 с.

6. Глава 5 эксплуатация скважин штанговыми насосами. – НефтеМагнат. - https://www.neftemagnat.ru/enc/242

УДК 624.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МЕХАТРОННОМ УСТРОЙСТВЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОГО ОТБОРА И АНАЛИЗА ПРОБ

Овсеенко Галина Анатольевна[1], Козелков Олег Владимирович[2],
Кашаев Рустам Султанхамитович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия
[1]*galinka.ovseenko@mail.ru.*

Аннотация: В статье приведен обзор применения методов нейронных сетей и искусственного интеллекта и рассмотрены основные сферы их применения в нефтегазовых отраслях. Авторы в своей работе выделяют основные направления анализа данных методом, основанным на искусственном интеллекте с использования технологий машинного обучения на примере мехатронного устройства отбора проб нефти и их анализа при добыче нефти.

Ключевые слова: мехатронное устройство, пробоотбор, анализ данных, нейронная сеть.

THE USE OF NEURAL NETWORKS IN A MECHATRONIC DEVICE FOR REPRESENTATIVE SAMPLING AND ANALYSIS

Ovseenko Galina Anatolyevna[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2],
Kashaev Rustam Sultankhamitovich[3]
[1,2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*galinka.ovseenko@mail.ru.*

Abstract: *The article provides an overview of the application of neural network and artificial intelligence methods and discusses the main areas of their application in the oil and gas industries. The authors in their work identify the main directions of data analysis by a method based on artificial intelligence using machine learning technologies on the example of a mechatronic oil sampling device and their analysis during oil production.*

Key words: *mechatronic device, sampling, data analysis, neural network.*

В последние годы в работу нефтегазовой отрасли активно внедряется искусственный интеллект (ИИ). Методы искусственного интеллекта, особенно нейронные сети, активно применяются в добыче углеводородов. Как известно, нейронные сети как база искусственного интеллекта, являются эффективным способом анализа и пополнения неполных баз данных, и включает два этапа: обучение и рабочий ход.

В нефтегазовой отрасли преобладают в основном: машинное обучение и анализ данных. Машинное обучение позволяет компьютерным системам обучаться и интерпретировать данные без участия человека, улучшая свою работоспособность путем итераций специфических операций. Анализ данных использует ИИ для получения информации из данных с помощью нейронных сетей, которые помогают связать обрывки информации друг с другом и создать более полную картину из существующей информации. В нефтегазовой промышленности можно использовать анализ данных, чтобы сделать более доступными сложноструктурированные данные, полученные во время разработки нефтяных и газовых месторождений, что позволяет компаниям открывать для себя новые возможности по добыче или более эффективно использовать существующие инфраструктуры. Искусственная нейронная сеть (ИНС) является механизмом обработки информации способной к машинному обучению вычислительной системой с множеством независимо происходящих процессов. Разновидность машинного обучения предполагает многоуровневую обработку информации с использованием нелинейных преобразований.

Значительную роль искусственный интеллект играет в работе нефтегазовой промышленности от интерпретации геологической информации до собственно добычи нефти и газа. Анализ геологических данных крайне важен для оценки нефтегазоносности исследуемых участков. Искусственные нейронные сети позволяют анализировать геологический разрез по материалам сейсморазведки (наиболее результативный геофизический метод нахождения углеводородов) [Борисов, Куликов, 2012].

Примером являются «интеллектуальные» месторождения – smart *fields* (их еще называют «умными», или «цифровыми»). Такие месторождения предполагают удаленное управление объектами нефтегазодобычи и персоналом с помощью различных методов искусственного интеллекта (включая машинное обучение, анализ данных, нечеткую логику и т.д.). Первые опыты с «интеллектуальными» месторождениями проводятся и в России. Один такой проект реализуется совместным предприятием компаний *Shell* и «Газпромнефть» – компанией «Салым Петролеум». Благодаря быстрой передаче информации на пункты управления растет эффективность использования фонда скважин, снижаются эксплуатационные расходы, оптимизируется закачка воды в пласт, увеличиваются объем и скорость добычи.

В настоящие время ИИ в нефтегазовой промышленности внедряется по следующим направлениям: определение характеристик коллекторов, оптимизация конструкций скважин их тестирование, оптимизация добычи нефти, анализ рисков проектов по повышению нефтеотдачи [*Bello et al*., 2015].

Важным новым направлением является представительный отбор и анализ проб из потоков многофазных сред с разными скоростями и физико-химических свойств потоков отдельных фаз скважинной жидкости. Отбор проб нефти и нефтепродуктов из трубопроводов производится специальными пробоотборниками, наличие которых обязательно на каждом из участков. Как правило, это – автоматические приборы и устройства, регулирующие объём в зависимости от расхода перекачиваемого вещества. Но из-за многофазности, гетерогенности потоков с разным скоростями, пробоотбор жидкости обычно является непредставительным и с неполным набором физико-химических характеристик. Следовательно, такая проба не может быть использована для экспресс-контроля и анализа трендов в нефтедобыче данной скважины.

В нефтегазовой отрасли используют различные типы автоматических пробоотборников, как отечественного производства, так и зарубежного, а именно:

– МАВИК-ГЖ пробоотборник для отбора по заданной программе пробы легкоиспаряющихся нефтепродуктов, транспортируемых по трубопроводам при рабочем давлении до 6.3МПа.

– Стандарт-А(АЛ) – предназначенные для отбора проб нефти и нефтепродуктов из трубопроводов при рабочем давлении от 0,2 до 6,3 МПа в автоматическом режиме.

– ВИРА-2 пробоотборник автоматический мультивязкостный предназначен для отбора представительной пробы высоковязкой нефти, нефтепродуктов из трубопровода.

– ПРОБА -1М – пробоотборник товарной нефти автоматический во взрывозащищенном и виброустойчивом исполнении, предназначенный для отбора по заданной программе пробы нефти, транспортируемый по трубопроводам при рабочем давлении до 6,3 МПа и др.

Например, самый распространённый пробоотборник ПРОБА-1М представлен на рисунке 1.



Рис. 1 Пробоотборник автоматический ПРОБА-1М

Анализ всех типов автоматических пробоотборников и изучение описание изобретений их патентов показал, что ошибка анализа проб при пробоотборе существующими устройствами даже при соблюдении условий ГОСТ 8.688-2015 может достигать 25-30 % [7]. При этом. Ни в одном из них для повышения точности отбора проб не используется искусственный интеллект на основе нейронных сетей. То есть, можно сделать вывод, что в этом направлении применение искусственного интеллекта пока находится на начальном этапе развития.

Между тем, на данный момент применение ИИ в нефтегазовой промышленности используется при управления режимами на основе нейросетевого диагностирования неисправностей и технического состояния электроприводного газоперекачивающего агрегата; в адаптивном интеллектуальном логическом регуляторе, работающем в условиях нечетко заданной информации, бурении и разработке и построении корреляционных зависимостей между ключевыми характеристиками скважинной жидкости [8].

Одним из разработчиков цифрового роботизированного комплекса, способного оптимизировать производственные процессы и выдавать оперативные решения по управлению режимами скважин, является компания *Nest Lab* [9].

Математические модели компании в качестве входных данных используют огромный массив данных за всю историю разработки месторождения и выдают рекомендации, качество которых на порядок выше.

Целью представленного обзора по патентному поиску устройств поточного пробоотбора для набора данных характеристик скважинной жидкости по ГОСТУ 8-615-2005, является формирование метода отбора и

анализа проб при помощи нейронной сети для обработки полученного массива данных.

Источники

1. Борисов А.С., Куликов С.А. Искусственные нейронные сети в прогнозировании нефтегазоносности по данным сейсморазведки // Казанский (Приволжский) федеральный университет. Институт геологии и нефтегазовых технологий. 2012.

2. Демарчук В.В. Перспективы и направления реализации проектов «интеллектуальных» месторождений нефти и газа // Молодой ученый. 2014. № 19. С. 284-289.

3. Пат. 2648413 РФ. Способ управления режимами на основе нейросетевого диагностирования неисправностей и технического состояния электроприводного газоперекачивающего агрегата / Жуковский Ю.Л., Бабанова И.С., Королёв Н.А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». № 2017101942; заявл. 20.01.2017.

4. Пат. 2579987 РФ. Адаптивный интеллектуальный логический регулятор, работающий в условиях нечетко заданной информации / Сагдатуллин А.М. заявитель и патентообладатель ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт». № 2014121436/08; заявл. 27.05.2014.

5. Казначеев П.Ф., Самойлова Р.В., Курчиски Н.В. Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности в нефтегазовой и других сырьевых отраслях // Экономическая политика. Технологическая революция. 2016. Т. 11. № 5. С. 188-197.

6. Bello O., Holzmann J., Yagoob T., Teodoriu C. Application of artificial intelligence methods in drilling system design and operations: A review of the state of the art // JAISCR.2015. Vol. 5. No 2. P. 121-139.

7. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборы и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике. Монография. М: Изд. «Апробация», 2019 – 112 с.

8. Стариков М.А., Невкин А. Анализ промышленного применения алгоритмов нейросетевого моделирования в нефтяной и газовой промышленности. Недра. Консалт. nedracnsult.ru.

9. Чесноков А. Робот на месторождении. Цифровые технологии расширяют возможности российской нефтедобычи // Нефтегазовая вертикаль. 2017. №24.

УДК 623.746-519

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ БПЛА ДЛЯ НУЖД ТЭК И ЖКХ

Розанов Георгий Борисович[1], Смирнова Светлана Васильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г. Казань, Россия
der-rozanov@yandex.ru[1], svs.smirnova@gmail.com[2]

Аннотация: в работе решаются такие задачи, как разработка и описание структурной схемы системы обучения операторов БПЛА, используемых для нужд ТЭК и ЖКХ.

Ключевые слова: БПЛА, обучение, интеллектуальная система, аппаратное и программное обеспечение.

INTELLIGENT LEARNING SYSTEM UAV OPERATORS FOR THE NEEDS OF FUEL AND ENERGY AND UTILITIES

Rozanov Georgy Borisovich[1], Smirnova Svetlana Vasilievna[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», Kazan, Russia
der-rozanov@yandex.ru[1], svs.smirnova@gmail.com[2]

Abstract: *The paper solves such tasks as the development and description of the structural scheme of the training system for UAV operators used for the needs of the fuel and energy complex and housing and communal services.*

Keywords: *UAV, Training, Intelligent system, Hardware and software.*

За последний десяток лет мир беспилотных летательных аппаратов вырос в несколько раз. За это время услуги для нужд ЖКХ и ТЭК, осуществляемые с помощью БВС (беспилотных воздушных судов), такие как мониторинг территорий, на которых находятся важные объекты (электростанции, лини трубопроводов, электрические подстанции). На фоне такого развития, становится вопрос подготовки профессиональных внешних пилотов. К сожалению, сейчас обучение управлению БЛА осуществляется старыми методами. Предложенное нами решение может существенно сократить количество аварий, повысить качество, скорость и простоту обучения. Предлагаемое решение представляет из себя систему из двух модулей. [1]

Первый модуль интеллектуальной системы состоит из блоков, каждый из которых выполняет свою функцию: приемника сигналов с

земли, позволяющий контролировать ЛА в воздухе в ручном и автоматическом режиме; датчиков, получающие данные о скорости движения, положении в пространстве и ориентации ЛА; устройства ввода; процессора, производящего все необходимые вычисления и на основе данных с датчиков и выбранного режима полета принимает решение о необходимости вмешаться в управление; устройства вывода; передатчика сигналов телеметрии, позволяющего получать данные о состоянии ЛА с земли; а так же органов управления, с помощью которых происходит контроль ЛА.[3][2]

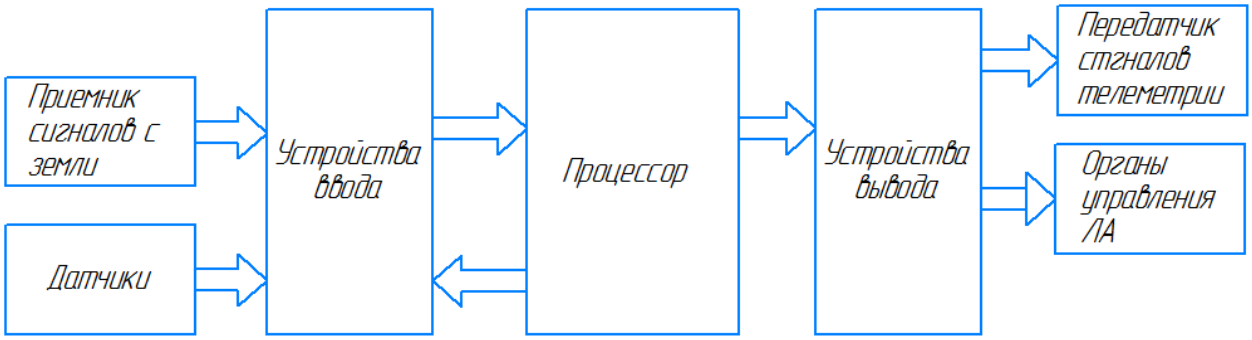


Рис. 1. Структурная схема первого модуля

Второй модуль – приложение, установленное на полетном компьютере. Оно анализирует получаемую телеметрическую информацию и дает пользователю удобный доступ к полученным данным. На их основе даются рекомендации по управлению и предотвращению происшествий. Основные окна приложения включают в себя: главный экран – отображает основную информацию; полетный экран – используется для отображения необходимых данных телеметрии; панель настроек и обслуживания выбранного БПЛА позволяет выбирать заранее созданные режимы работы БПЛА; панель администрирования БПЛА позволяет подключать к системе новые БПЛА; панель администрирования профилей позволяет добавлять или удалять из системы обучающихся; панель настроек пользовательского интерфейса позволяет каждому пользователю настроить интерфейс; панель составления плана полета предоставляет возможность создавать план полета с индивидуальными задачами под каждого обучающегося; экран итогов полета предоставляет статистику последнего совершенного полета.

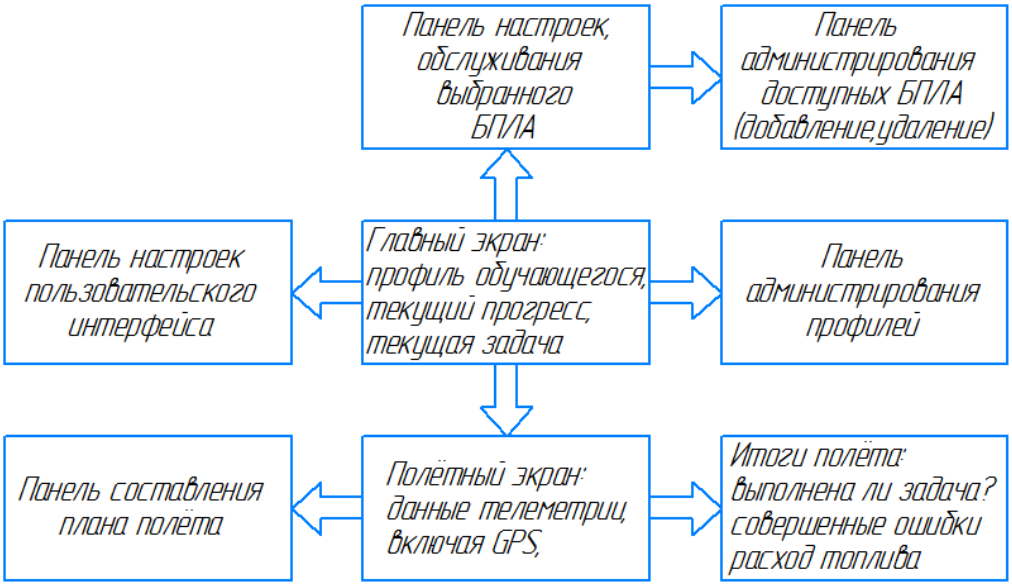


Рис. 2. Структурная схема второго модуля

Предлагаемая система должна существенно оптимизировать и облегчить как обучение будущих пилотов/операторов, так и непосредственно работу преподавателей, помимо этого, система предотвратит опасные ошибки, что позволит существенно снизить затраты на ремонт, закупку утраченных БПЛА. Возможность исполнения интегрируемой части системы в виде небольшого модуля позволяет использовать ее в большинстве современных промышленных БПЛА.

Источники

1. Ганин С.В., Карпенко А.В., Колногоров В.В., Петров Г.Ф. Беспилотные летательные аппараты./ СПб : Невский бастион, 1999 [дата обращения: 12.10.2021].

2. https://www.interactanalysis.com/commercial-drones-in-2022-our-predictions/ [Дата обращения 15.09.2021].

3. https://studfile.net/preview/2216405/ - Система воздушных сигналов – Лекция. [Дата обращения 15.09.2021].

4. Патент РФ №203805 Стенд пилотирования БПЛА [Дата обращения 15.09.21]

5. Ключникова Н.А. Дроны в агросекторе: способы применения / интернет журнал AgroPortal, 2017. [Дата обращения 19.09.21]

УДК 622.69

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Салахов Булат Илфарович [1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1] bulat-salahov@mail..ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: в статье предложена модернизированная система автоматического обнаружения утечек магистральных нефтепроводов путем обнаружения волны давления, возникающей в трубопроводе, анализа данных телеизмерений и применения математической модели для принятия решений о наличии утечки. Работа системы заключается в анализе специализированным программным обеспечением данных, собираемых специализированными контроллерами (модулями) СОУ с дополнительных (не используемых для управления технологическим процессом) датчиков давления и расходомеров.

Ключевые слова: система обнаружения утечек, магистральный нефтепровод, волна давления, расходомер, экологичность.

MODERNIZATION OF THE AUTOMATIC LEAK DETECTION SYSTEM OF MAIN OIL PIPELINES

Salakhov Bulat Ilfarovich[1], Tanir Khamitevich Mukhametgaleev[2]
[1,2]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1] bulat-salahov@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Abstract: *The article proposes a modernized system for automatic leak detection of main oil pipelines by detecting a pressure wave arising in the pipeline, analyzing telemetry data and applying a mathematical model to make decisions about the presence of a leak. The operation of the system is based on the analysis by specialized software of data collected by specialized controllers (modules) of the LDS from additional (not used for process control) pressure sensors and flow meters.*

Keywords:*leak detection system, main oil pipeline, pressure wave, flow meter,* environmental friendliness.

Трубопроводный транспорт является наиболее распространенным способом транспортировки нефти. Большинство месторождений нефти России расположено на территориях с уникальными экосистемами. Негативные возможные воздействия со стороны объектов транспортировки нефти могут привести к необратимым последствиям для всех видов живых организмов, живущих на данных территориях. Чтобы уменьшить влияние нефтегазового комплекса на экологические системы регионов добычи и

транспорта нефти, необходимо обеспечить контроль за появлением новых разливов нефти на поверхности водоемов или земель [1]. В связи с этим появляется потребность в системе автоматического обнаружения утечек магистральных нефтепроводов (МН).

Автоматическая система обнаружения утечек (СОУ) должна [2]:

– обеспечивать непрерывный мониторинг целостности магистрального трубопровода в пределах технологического участка в режиме реального времени во всех режимах работы, включая стационарные, переходные режимы и режим остановленной перекачки;

за короткий промежуток времени определять факт возникновения и координаты утечки из трубопровода и [3].

При выявлении факта утечки линейной части МН СОУ должна определить:

– координаты возникновения утечки;

время возникновения утечки.

Допускается ухудшение (несоответствие) характеристик СОУ для следующих случаев:

при наличии самотечных участков или участков с неполным заполнением нефтью сечения МН для стационарного режима работы МН;

при наличии одновременно двух и более утечек на технологическом участке;

при наличии участков с неполным заполнением сечения МН в режиме остановленной перекачки;

при наличии недостоверных показаний средств измерения давления на контролируемом участке;

при отсутствии достоверных измерений хотя бы с одного из средств измерения расхода на контролируемом участке;

срабатывание системы сглаживания волн давления (ССВД);

срабатывание клапанов предохранительных;

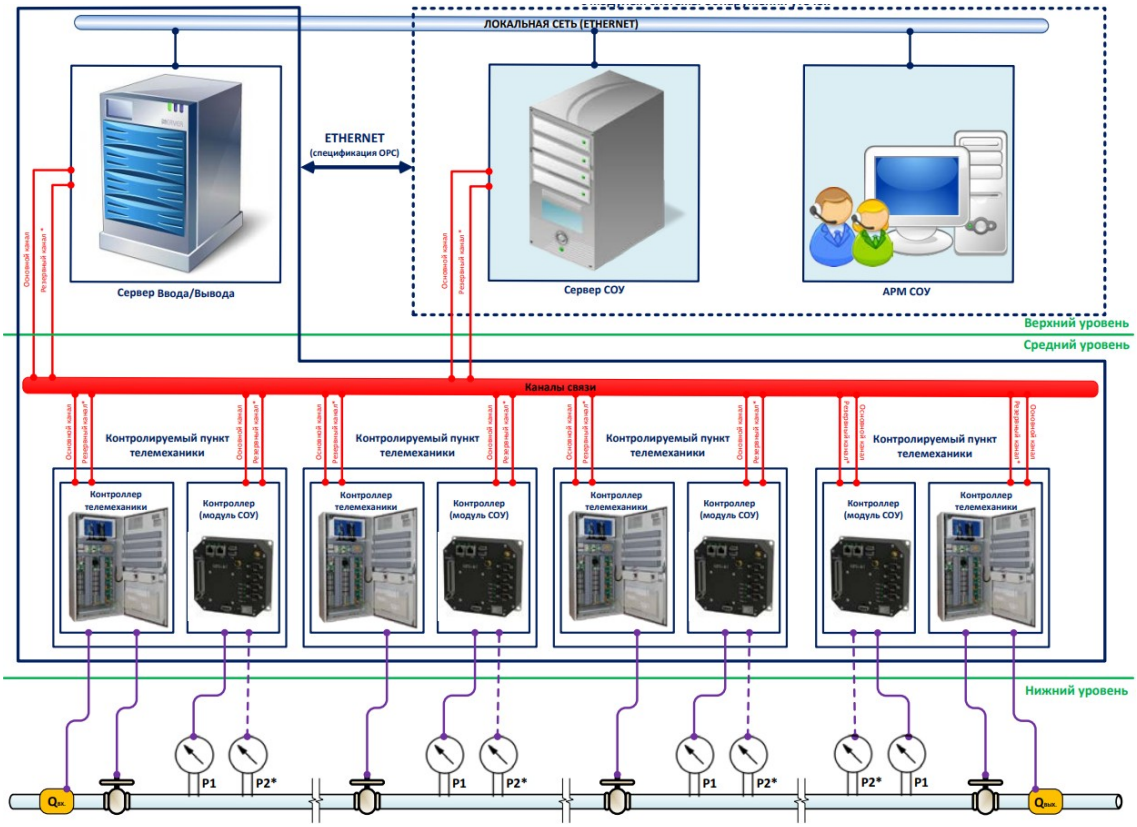
отбор нефти на собственные нужды [3].

Структурная схема ПТК СОУ приведена на рисунке 1. СОУ строится как трехуровневая информационно-измерительная система, включающая следующие уровни [4]:

верхний уровень – уровень управляющего и резервного диспетчерского пункта, в которых размещаются серверы СОУ и АРМ;

средний уровень – уровень контроллеров СОУ, которые могут размещаться в существующих блок-боксах ПКУ телемеханики, блок-боксах связи;

нижний уровень – уровень первичного оборудования, используемого в работе СОУ - измерительные приборы (расходомеры), датчики давления, соединительные линии к ним [5].



Структурная схема ПТК СОУ

Источники

1. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах. – утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ 2012 г 141 с.

2. Богданов Е.А. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: Учеб. Пособие для вузов / М.: Высш. шк., 2006. 279 с.

3. Хасенова Д.Ф., Крец В.Г. Анализ методов обнаружения утечек, применяемых в параметрических СОУ // VII всероссийская научно-техническая конференция «Молодежь и наука». 2012. 3 с.

4. Постановление РФ от 21 августа 2000 г. N 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».

5. Вайншток С.М. Трубопроводный транспорт нефти: Учеб. для вузов: В 2 т. М., 2004. Т.2 621 с.

УДК 347.19

ЛАЗЕРНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА

Самохина Кристина Сергеевна
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия
kristina.bazykina@mail.ru

Аннотация. В статье показано, что оптическая схема с акустооптическим преобразованием частоты на входе интерференционной схемы наиболее предпочтительна по критерию эффективности использования энергии оптического излучения. Исследование данных оптических схем информационно-измерительных систем ведет к необходимости уменьшения количества отражающих и преломляющих поверхностей их оптической части.

Ключевые слова: акустооптическое преобразование, информационно-измерительная система, оптические и акустические волны, оптическая схема, энергия оптического излучения, сигнал-шум.

LASER INFORMATION-MEASURING AND CONTROL SYSTEM

Kristina Sergeevna Samohina
FGBOU VO «Penza State University», Penza, Russia
kristina.bazykina@mail.ru

Abstract. *The article shows that an optical circuit with acoustic-optical frequency conversion at the input of an interference circuit is most preferable by the criterion of the efficiency of the use of optical radiation energy. The study of these optical circuits of information and measurement systems leads to the need to reduce the number of reflecting and refractive surfaces of their optical part.*

Keywords: *acoustic-optical transformation, information-measuring system, optical and acoustic waves, optical circuit, optical radiation energy, signal-to-noise.*

Помехоустойчивость оптоэлектронных информационно-измерительных систем зависит от многих причин: характеристик источника излучения, параметров передающей оптической системы, свойств среды распространения излучения, параметров приемной оптической системы и приемника излучения [1].

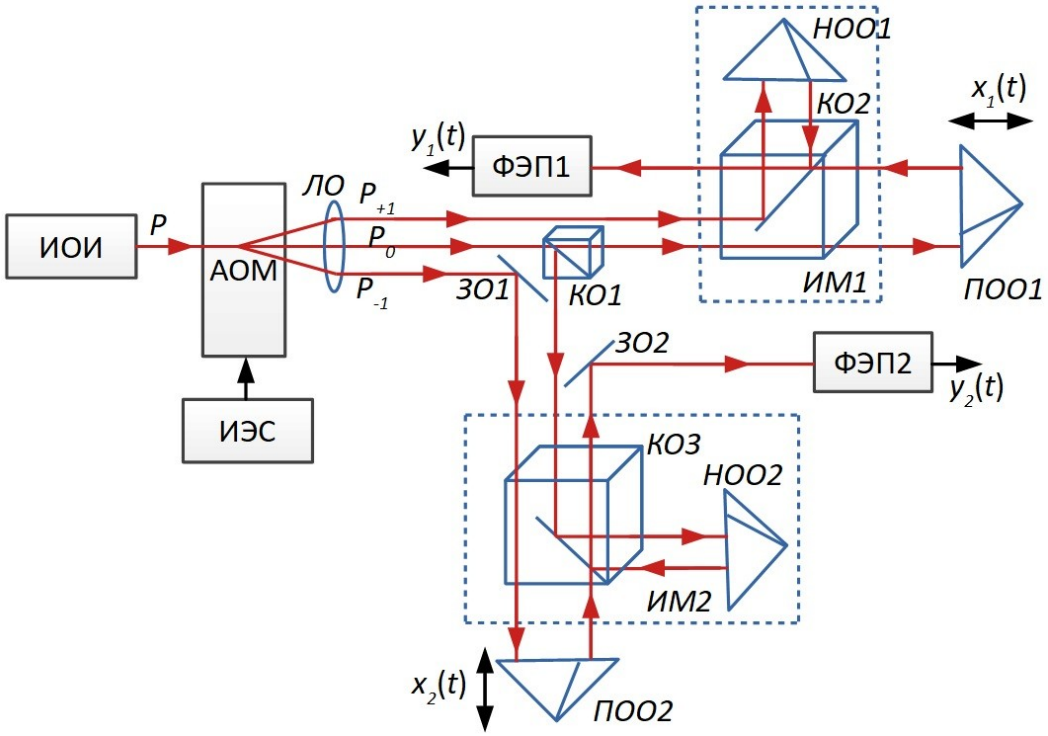
В интерферометрах Майкельсона при сложении двух интерферирующих пучков также происходят потери мощности излучения. С достаточной степенью точности отношение сигнал/шум $\left(\frac{С}{Ш}\right)$ в

гетеродинных лазерных информационно-измерительных системах определяется по формуле [2, 3]:

$$\frac{C}{Ш} = \sqrt{\frac{\eta\lambda}{hc\Delta f} \times \frac{P_u \times P_p}{\left(P_u + P_p\right)}}, \qquad (1)$$

где h – постоянная Планка; η – квантовая эффективность фотоприемника; Δf – полоса пропускания избирательного усилителя; c – скорость распространения света; P_u, P_p – мощности измерительной и референтной световых волн соответственно.

Оптическая схема информационно-измерительной системы с акустооптическим преобразованием частоты на входе интерференционной схемы показана на рисунке.



Оптическая схема информационно-измерительной системы с акустооптическим преобразованием частоты на входе интерференционной схемы.

Исходное лазерное излучение P (см. рисунок) подают на акустооптический модулятор АОМ и получают на выходе АОМ следующие значения рассеянного излучения [2, 4, 5]

$$P_0^{'} = 0{,}76P_{uu},$$

$$P_{+1}^{'} = P_{-1} = 0{,}12P_{uu}.$$

Учитывая потери мощности лазерного излучения при прохождении через оптическую систему, получаем

$$P'_p = 0{,}06P_{uu},$$
$$P'_p = 0{,}19P_{uu}.$$

Соответственно, подставляя значения P_p и P_u в формулу (1), получаем для схемы на рисунке

$$\left(\frac{C}{Ш}\right)_2 = \sqrt{\frac{\eta\lambda}{hc\Delta f}\cdot\frac{0{,}06\times 0{,}19P_{uu}}{(0{,}06+0{,}19)}}.$$

Оптическая схема с акустооптическим преобразованием на входе является наиболее предпочтительной с точки зрения эффективного использования энергии лазерного излучения. Исследование данных схем ведет к необходимости уменьшения количества отражающих и преломляющих поверхностей их оптической части. Этого можно добиться введением в схему оптических волокон, выполняющих деление и объединение оптических измерительных сигналов.

Источники

1. Ахманов С.А., Никитин С.Д. Физическая оптика / : Изд-во МГУ; Наука, 2004. 656 с.

2. Базыкин С.Н. Информационно-измерительные системы на основе интерферометров : моногр. /под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Васильева. Пенза : изд-во ПГУ, 2014. 132 с.

3. Базыкин С.Н., Базыкина Н.А., Кривулин Н.П. Принципы построения и состояние производства информационно-измерительных систем линейных перемещений // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1; URL: http://www.science-education.ru/121-17219.

4. Базыкин С.Н. Проблемы информационного обеспечения систем с использованием оптоэлектронных средств измерения линейных перемещений // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; URL: http://www.science-education.ru/120-16173.

5. Базыкин С.Н., Капезин С.В., Базыкина Н.А., Самохина К.С. Лазерные измерительные системы с пространственно-временной разверткой интерференционного поля // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2015. № 2. С. 156-161.

УДК 658.264

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Тарасов Владимир Александрович [1], Афанасьев Владимир Васильевич [2],
Ковалев Владимир Геннадьевич [3], Тарасова Валентина Владимировна[4]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия
[4]ООО «ГОРИСС», г. Чебоксары, Россия
[1]vladimir_tarasov@inbox.ru,[2]avvteo@mail.ru,[3]kovenergy@mail.ru,
[4]charming_cerl@rambler.ru

Аннотация: Исследованы нестационарные процессы в ограждающих конструкциях при периодическом изменении температуры наружного воздуха. Результаты нужны для создания «цифровых двойников» систем отопления и выбора алгоритмов погодозависимого управления отоплением.

Ключевые слова: математическое моделирование, «цифровые двойники», теплофизические параметры, погодозависимое управление отоплением

THE USE OF DIGITAL TWINS FOR HEATING SYSTEMS

Tarasov Vladimir Alexandrovich [1], Afanasyev Vladimir Vasilievich [2],
Kovalev Vladimir Gennadievich [3], Tarasova Valentina Vladimirovna[4]
[1,2,3] FSBEI HE «Chuvash State University named after I.N. Ulyanov»,
Cheboksary, Russia
[4]OOO «GORISS», Cheboksary, Russia
[1]vladimir_tarasov@inbox.ru,[2]avvteo@mail.ru,[3]kovenergy@mail.ru,
[4]charming_cerl@rambler.ru

***Abstract**: Investigated non-stationary processes in enclosing structures with a periodic change in the temperature of the outside air. The results are needed to create digital twins of heating systems and select algorithms for weather-dependent heating control.*

***Key words**: mathematical modeling, digital twins, thermophysical parameters, weather-dependent heating control*

Повышение эффективности систем отопления, обеспечивающее комфортные условия жизнедеятельности при минимальном расходе энергоносителей, требует исследований и разработки цифровых моделей, учитывающих текущее и прогнозируемое состояние объекта и воздействий в будущих периодах. Система отопления должна обеспечить компенсацию тепловых потерь с учетом погодных и функциональных условий,

технологических и бытовых тепловыделений, а также аккумулированной сооружением энергии. Тепловые потери в стационарном режиме определяются теплофизическими характеристиками зданий и сооружений, температурами внутреннего и наружного воздуха, влияние на тепловые потери оказывают скорость ветра и инсоляция.

В реальных условиях температура наружного воздуха и скорость ветра меняются во времени случайным образом, вследствие этого меняется температура наружных поверхностей, в толще стен непрерывно протекают тепловые нестационарные процессы, которые необходимо учитывать при разработке алгоритмов погодозависимого, упреждающего и дежурного управления [1, 2].

Используя теорию рядов Фурье можно представить зависимость температуры наружного воздуха от времени в виде суммы гармонических составляющих с разными частотами. Для исследования температурных волн в толще стен можно применить широко используемый в электротехнике символический метод и решать уравнение нестационарной теплопроводности для комплексной температуры $\dot{T}$ [3]

$$\frac{d^2\dot{T}}{dx^2} = \frac{j\omega}{a}\dot{T},$$

где ω – круговая частота, a – коэффициент температуропроводности.

Решение уравнения этого описывает затухающие температурные волны.

На расстоянии $\Delta = \sqrt{2a/\omega}$ амплитуда волны затухает в e раз. По аналогии с электротехникой Δ можно назвать глубиной проникновения тепловой волны. Глубина проникновения зависит от теплофизических параметров ограждения и частоты изменения температуры наружного воздуха.

В таблице приведены результаты математического моделирования нестационарного температурного поля кирпичной стенки при разных частотах.

Период, часы	4	12	24	48
Глубина проникновения, м	0,056	0,097	0,138	0,195
Отношение глубины проникновения к толщине стенки	0,1	0,179	0,26	0,36

Колебания температуры с небольшим периодом быстро затухают, например суточные колебания температуры затухают на глубине ¼ толщины стенки.

Расчеты и эксперименты показывают, что стену следует представлять динамическим объектом с распределенными параметрами,

температура на внешней поверхности стены достигает установившегося значения через несколько часов, на внутренней поверхности через десятки часов после начала теплового переходного процесса [4,5]. При резком похолодании, когда температура снаружи понизилась на 15°С при неизменной температуре в помещении, температура на внутренней поверхности оставалась практически неизменной в течение 16 часов. Температура наружной поверхности стены в течение первых 4 часов снизилась на 12°С. Процесс выхода стены толщиной *d*=0,54 м на установившийся тепловой режим занимает более 2 суток. Поэтому температура внутренней поверхности стены не может быть непосредственно использована в качестве параметра регулирования температуры в помещении. Температура наружной поверхности стены вследствие влияния на нее случайных быстрых изменений климатических условий также не может быть непосредственно использована в качестве параметра регулирования температуры. Для обеспечения высокого качества регулирования, с учетом тепловой инерции теплоемких наружных ограждающих конструкций, без излишних колебаний подводимой мощности системы отопления, кроме датчиков температуры наружного и внутреннего воздуха нужен еще датчик, размещенный в середине толщины стенки. Наилучшим параметром регулирования является определенная на «цифровом двойнике» нестационарных температурных полей среднеинтегральная по толщине стенки δ температура [5]

$$T_{sr}(\tau) = \frac{1}{\delta}\int_0^{\delta} T(x,\tau)dx$$

Среднеинтегральная температура характеризует тепловое состояние ограждения в нестационарных режимах, а параметры модели «цифрового двойника» могут уточняться на объекте по показаниям датчиков. Предполагается продолжить работу по созданию алгоритмов погодозависимого и функционального управления с использованием «цифрового двойника» в программах для контроллеров[6].

Источники

1. Tarasov V.A., Tarasova V.V., Afanasyev V.V., Kovalev V.G., Orlov V.N. Mathematical modeling of the forecast and standby heating modes (Математическое моделирование режимов прогнозного и дежурного отопления)//Power engineering: research, equipment, technology.2019; 21(5-6):C.77-87. (In Russ). doi :10.30724/1998-9903-2019-21-5-6-77-87.

2. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю., Нагорная А.Н. К теории

математического моделирования теплового режима зданий //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Челябинск. 2006. №14. С.128-133.

3. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных процессов теплопередачи//Региональная энергетика: проблемы и решения: сб. науч. тр. Вып.9. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. С.127-144.

4. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных тепловых процессов в ограждающих конструкциях зданий//Современные наукоемкие технологии № 8, 2016. С.265-269

5. Тарасов В.А., Калинин А.Г., Тарасова В.В., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г. Динамические тепловые характеристики ограждающих конструкций. Вестник Чувашского университета. 2016. №3. С.124-131.

6. Тарасова В.В., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Калинин А.Г. Тарасов В.А. Разработка алгоритма адаптивного управления теплоснабжением автоматизированным тепловым пунктом. Материалы IV Национальной научно-практической конференции. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве Казань 2018 г. Том 1. С.43-53.

УДК 681.5.01

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНАЖЁРОМ

Терентьев Сергей Александрович
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» и «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
Kuvalda220@mail.ru

Аннотация. В работе публикуются результаты исследования системы управления вертолётом. Новым является метод, который реализуется на реальном летательном аппарате в полёте, этот метод использует возможности, предоставляемые компьютерными системами управления. Настоящая статья посвящена разработке системы управления вертолётом, которая позволяет реализовать режим динамической имитации. Суть этого режима заключается в том, что вертолёт одного типа реагирует на управляющие воздействия подобным на реакцию вертолёта другого типа. Рассматриваются методы непрерывного и дискретного управления моделирующим аппаратом. Такая система управления позволяет использовать моделирующий летательный аппарат как тренажер, максимально воспроизводящий условия полёта на базовом летательном аппарате. Моделирующий летательный аппарат имеет меньшие эксплуатационные расходы, что позволяет добиться экономического эффекта.

Ключевые слова: система управление, динамическая имитация, компьютерное моделирование, моделирующее устройство, непрерывное и дискретное управление, векторно-матричная модель, летательный аппарат (ЛА).

SIMULATOR MANAGEMENT METHODS

Terentyev Sergey Alexandrovich
FSBEI HE «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI» and «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia
Kuvalda220@mail.ru

Annotation. *The paper publishes the results of a study of the helicopter control system. A new method is implemented on a real aircraft in flight, this method uses the capabilities provided by computer control systems. This article is devoted to the development of a helicopter control system that allows you to implement a dynamic simulation mode. The essence of this mode is that a helicopter of one type reacts to control actions similar to the reaction of a helicopter of another type. Methods of continuous and discrete control of the modeling apparatus are considered. Such a control system allows you to use a simulation aircraft as a simulator that reproduces the flight conditions on the base aircraft as much as possible. The modeling aircraft has lower operating costs, which makes it possible to achieve an economic effect.*

Keywords*: control system, dynamic simulation, computer simulation, modeling device, continuous and discrete control, vector-matrix model, aircraft.*

В настоящее время вертолёты используются для решения различных задач в экономике страны. Для формирования устойчивых навыков по пилотированию вертолётами используются специальные технические средства: обучающие стенды, компьютерные симуляторы и учебные летательные аппараты (ЛА). На таких технических системах происходит изучение и тренировка обучающимися методов пилотирования. Обучение на больших летательных аппаратах приводит к существенным расходам эксплуатационного времени и, как следствие, к большим расходам топлива. Развитие систем управления и компьютерной техники позволяют решить задачу пилотирования малым (моделирующим) (МЛА) летательным аппаратом, на котором динамическая реакция на управляющие воздействия была бы такой же, как и реакция базового (большого) летательного аппарата (БЛА) при одинаковых отклонениях рулевых органов.

В работах [1, 2] предложены методики расчета тренажеров стационарного типа с подвижными элементами. В литературе не найдены работы, которые посвящены разработке теории динамически подобного управления летательным аппаратом вертолётного типа. Математические модели движения БЛА и МЛА в плоском и пространственном движении представлены в работе [3, 4].

Целью исследования является разработка методики формирования управления, которая позволяет на МЛА максимально похоже обеспечить в полёте движение БЛА.

Задача состоит в том, чтобы система управления реализовала режим динамически подобного управления (ДПУ), при котором пилот на МЛА за штурвалом ощущал также, как за штурвалом БЛА при одинаковых отклонениях штурвала. Моделирование на МЛА динамики движения БЛА обеспечивается работой система управления МЛА, в которой по разработанным алгоритмам формируется управление, воспроизводящее движение БЛА.

1. Обеспечение на МЛА динамической имитации БЛА.

Дифференциальные уравнения движения базового и моделирующего ЛА приводятся далее [3, 4].

Уравнения для базового ЛА:

$$\begin{cases} \dot{X}_б = A_б X_б + B_б U_б; \\ Y_б = C_б X_б; \\ U_б = F_б Y_б; \end{cases} \quad (1)$$

где для математической модели БЛА матрицы и векторы имеют следующие обозначения:

$X_б$, $Y_б$, $U_б$ –векторы состояния, измерения и управления,

$A_б$, $B_б$ –динамические матрицы,

$C_б$ – матрица в уравнении измерителя,

$F_б$ – матрица в регуляторе.

Уравнения для моделирующего ЛА:

$$\begin{cases} \dot{X_м} = A_м X_м + B_м U_м; \\ Y_м = C_м X_м; \\ U_м = F_м Y_м; \end{cases} \quad (2)$$

где матрицы и векторы для математической модели МЛА имеют смысл, аналогичный входящим в уравнение (1) для БЛА.

В работе получено выражение для $F_м$:

$$F_м = {B_м}^{-1}[(A_б + B_б F_б C_б) - A_м]\ {C_м}^{-1}\ , \quad (3)$$

где матрицы ${B_м}^{-1}$ и ${C_м}^{-1}$ являются решением уравнений

$$B_м {B_м}^{-1} = I_{bм} \text{ и } C_м {C_м}^{-1} = I_{см}\ ,$$

($I_{bм}$ *и* $I_{см}$ – единичные матрицы соответствующих размерностей).

В ряде случаев матрицы $B_м$ и $C_м$, входящие в (3), могут быть не квадратными, тогда требуется получать решение (3) на основе операции псевдо обращения.

2. Дискретные математические модели МЛА и БЛА.

Непрерывные модели могут быть приведены к дискретному виду [5]. Получим модели в виде:

– дискретная модель движения базового летательного аппарата:

$$X_б[k+1] = A_б X_б[k] + B_б U_б[k]\ ; \quad (4)$$

– дискретная модель движения моделируемого летательного аппарата:

$$X_м[k+1] = A_м X_м[k] + B_м U_м[k]\ . \quad (5)$$

3. Условие точного динамического подобия.

Сформулируем условие динамического подобия МЛА и БЛА, как точное соответствие динамических реакций на управляющие воздействия.

Условие динамического подобия для непрерывных систем [6, 7]:

$$X_м = X_б. \quad (6)$$

Условие динамического подобия для дискретных систем будет иметь следующий вид:

$$X_м[k] = X[k]\ , \quad (7)$$

Управление МЛА будем вычислять по формуле

$$U_м[k] = U_б[\mathrm{k}] + \Delta \mathrm{U}[\mathrm{k}], \quad (8)$$

где ΔU[k] – составляющая управления, компенсирующая различия в динамических характеристиках МЛА и БЛА.

4. Обеспечение на МЛА динамической имитации БЛА в дискретном векторно-матричном виде.

Запишем уравнение для разницы векторов состояния МЛА и БЛА:

$$E[k+1]=X_б[k+1]-X_м[k+1].$$

Для динамически подобного управления, как следует из (7) должно выполняться условие

$$E[k+1]=0.$$

В результате получим

$$\Delta U[k]=B_м^{-1}\{A_б X_б[k]-A_м X_м[k]+(B_б-B_м)U_б[k]\ \}. \qquad (9)$$

Таким образом для формирования динамически подобного дискретного управления требуется вычислять компенсирующую составляющую по формуле (9) и использовать формулу (7) для вычисления управления для МЛА.

Результаты компьютерного моделирования динамически подобного управления в непрерывном виде показали, что при единичном входном сигнале рассогласование динамических характеристик для МЛА и БЛА мало. Аналогичные расчёты для динамически подобного управления в дискретном виде по координате **x** дали малую величину *рассогласования*.

В работе представлены результаты проектирования системы управления МЛА и БЛА. Для БЛА и МЛА записаны математические модели движения в векторно-матричном непрерывном и дискретном виде. В работе разработана методика для формирования управления МЛА, обеспечивающая на этом летательном аппарате режим динамической имитации БЛА. Научная новизна состоит в том, что предложены алгоритмы формирования управления для МЛА-летающего тренажёра, максимально похоже воспроизводящего движение БЛА.

Источники

1. Александров В.В., Садовничий В.А., Чугунов О.Д. Математические задачи динамической имитации полета. Москва. Издательство Моск. ун-та. 1985. 181с.

2. Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров. Машиностроение. Москва. 1995. 304 с.

3. Берестов Л.М. Моделирование динамики вертолета в полете. Машиностроение. Москва. 1978. 158 с.

4. Берестов Л.М., Поплавский Б.К., Мирошниченко Л.Я. Частотные методы идентификации летательных аппаратов. Машиностроение, Москва, 1985 г. 184с.

5. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. Мир, Москва, 1977. 650 с.

6. Терентьев С.А. Управление, обеспечивающее динамическое подобие технической системы. Труды XI Международной Четаевской конференции. 13-17 июня 2017 г. Казань: КНИТУ-КАИ. 2017. Т.3. С.107-112.

7. Терентьев С.А. Разработка методики управления, обеспечивающего моделирование системы. Материалы международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-33», КНИТУ, Казань, 14–18 сентября 2020 г.

УДК 621.316.1

АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СИГНАЛА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ИНТЕРЕСАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Тухфатуллин Искандер Радикович[1], Хузяшев Рустэм Газизович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]iskander.tukhfatullin@mail.ru, [2]142892@mail.ru

Аннотация: в данной работе рассматривается схема электрической сети с сосредоточенными параметрами и устанавливается зависимость диагностических признаков с местом и причиной повреждения в сети.

Ключевые слова: PSCAD, сигнал переходного процесса, диагностические признаки, осциллограмма, коэффициент затухания, коэффициент передачи.

ANALYSIS OF THE DIAGNOSTIC FEATURES OF THE TRANSIENT SIGNAL IN THE INTEREST OF DETERMINATION OF THE POINT OF DAMAGE ON THE POWER LINE

Tukhfatullin Iskander Radikovich[1], Khuzyashev Rustem Gazizovich[2]
[1.2]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]skander.tukhfatullin@mail.ru, [2]142892@mail.ru

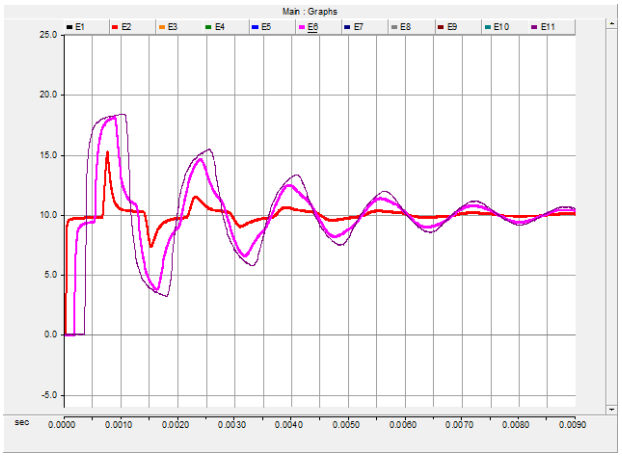
***Abstract**: in this paper, we consider a diagram of an electrical network with lumped parameters and establish the dependence of diagnostic features on the location and cause of damage in the network.*

***Keywords**: PSCAD, transient signal, diagnostic features, oscillogram, attenuation factor, gain*

Из результатов работы комплекса волнового определения места повреждения известны 4 причины возникновения сигнала переходного процесса (СПП): аварийные коммутации; плановые коммутации; частичные разряды; грозовые перенапряжения. Частичные разряды и грозовые перенапряжения очень сильно отличаются от плановых и аварийных коммутаций. У аварийных и плановых коммутаций большая энергетика сигнала, и они распространяются на большие дистанции (десятки и сотни км). Возникает проблема: нам нужно программно по диагностическим признакам определить, возник ли этот сигнал в зоне действия нашего комплекса или очень далеко. Целью настоящей работы является анализ результатов численного моделирования СПП в линии с распределенными параметрами и ее схемой замещения с сосредоточенными параметрами. Анализируемыми параметрами являются

период колебания и коэффициент затухания СПП. Изображен СПП, рассчитанный в пакете PSCAd, являющийся интерференцией переотраженных бегущих волн (см. рисунок). Сигнал представляется во времени, то есть видно, как огибающая сигнала со временем уменьшается. С другой стороны, сигнал можно представить, как будто он “бегает в пространстве” между началом и концом линии, и в течение этих “пробегов” сигнал ослабевает. Иными словами, сигнал двигается по линии одновременно по времени и длине.

Параметры однофазной линии электропередач: $l = 100$ км; $R_{\text{удельное}} = 0{,}601 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$; $R_{\text{ЭДС}} = 10$ Ом; $X_{L\,\text{удельное}} = 0{,}4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$; $b_{c\,\text{удельное}} = 3 * 10^{-6} \frac{\text{См}}{\text{км}}$.



Осциллограмма напряжения СПП, зарегистрированные в трех точках линии: 10 км (красная), 50 км (малиновая), 100 км (черная). По вертикали указаны значения в кВ, а по горизонтали – в секундах.

Время распространения бегущей волны – отношение общей длины ЛЭП (10 участков по 10 км) к скорости распространения волны (скорость света). Отражаясь, линия накладывается на предыдущий период и лишь за период, который равен учетверенному времени пробега, она принимает исходное значение [6, С. 383]. Зная период свободных колебаний, можно найти их линейную и циклическую частоты:

$$f = \frac{1}{T} = 757{,}57 \text{ Гц } \#(1)$$

$$w = 2\pi f = 4759{,}98 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \ \#(2)$$

Известны удельные сопротивление, индуктивность и емкость. Можно получить значения по всей линии, умножив на её длину. Значения индуктивного сопротивления и емкостной проводимости соответствуют частоте 50 Гц. Нужно найти значения индуктивного и емкостного

сопротивлений, которые будут соответствовать частоте свободных колебаний, то есть 757,57 Гц. Для этого найдем индуктивность и емкость:

$$L = \frac{X_{L_{50}}}{w_{50}} = 0{,}1274 \text{ Гн } \#(3)$$

$$C = \frac{b_{C_{50}}}{w_{50}} = 9{,}55 * 10^{-7} \text{ Ф } \#(4)$$

Теперь найдем значения индуктивного и емкостного сопротивлений:

$$X_L = w_{757} * L = 606{,}42 \text{ Ом } \#(5)$$

$$X_C = \frac{1}{w_{757} * C} = 219{,}984 \text{ Ом. } \#(6)$$

Зная сопротивления, можно найти коэффициент передачи RLC модели линии с сосредоточенными параметрами. Это отношение выходного напряжение к входному. Коэффициент передачи – величина относительная, то есть определенному входному напряжению будет соответствовать определенное выходное напряжение. Пусть величина входного напряжения составляет 1 В. По закону Ома формула входного напряжения имеет вид:

$$U_{\text{вх}} = IZ = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}. \#(7)$$

Умножив выраженный из прошлого уравнения ток на выходное сопротивление, которое является сопротивлением емкости, найдем выходное напряжение:

$$U_{\text{вых}} = IX_C = \frac{U_{\text{вх}} X_C}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}. \#(8)$$

Теперь найдем коэффициент передачи:

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = 0{,}5625 \ \#(9)$$

Для данного сигнала был вычислен коэффициент передачи. Свяжем данный коэффициент с постоянной времени, которая выражается по закону экспоненты:

$$y(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau_{\text{соср.}}}} = A * K \ \#(10)$$

$$\tau_{\text{соср.}} = -\frac{\frac{100 * 10^3}{3 * 10^8}}{\ln 0{,}5625} \text{ с} = \frac{0{,}33}{0{,}5753} \text{мс} = 0{,}57355 \text{ мс } \#(11)$$

То есть, в линии со сосредоточенными параметрами за время $\tau_{\text{соср.}} = 0{,}57355$ мс на длине 100 км величина амплитуды уменьшится в 1/K раз. Из рисунка в линии с распределенными параметрами постоянная времени затухания СПП определяется по максимальным мгновенным амплитудам в моменты времени 0,87 мс и 2,4 мс:

$$\begin{cases} y(t_0) = 18{,}86 = Ae^{-\frac{0}{\tau_{\text{распр.}}}} = A \\ y(t_1) = 16{,}185 = Ae^{-\frac{t_1}{\tau_{\text{распр.}}}} = Ae^{-\frac{2{,}4-0{,}87}{\tau}} \end{cases} \#(12)$$

$$\tau_{\text{распр.}} = \frac{t_1}{\ln\frac{y(t_0)}{y(t_1)}} = \frac{1{,}53}{\ln\frac{18{,}86}{16{,}185}} = 10 \text{ мс } \#(13)$$

Таким образом, была определена постоянная времени в линии с распределенными параметрами с помощью PSCAD. Сравним с результатом, полученным в линии со сосредоточенными параметрами:

Таблица 1

	1 Ом	10 Ом	100 Ом
0.301 Ом/км	$\tau_{соср.} = 0{,}5825$ $\tau_{распр.} = 10$	$\tau_{соср.} = 0{,}5825$ $\tau_{распр.} = 8{,}51$	$\tau_{соср.} = 0{,}5825$ $\tau_{распр.} = 4{,}97$
0.601 Ом/км	$\tau_{соср.} = 0{,}57355$ $\tau_{распр.} = 7{,}86$	$\tau_{соср.} = 0{,}57355$ $\tau_{распр.} = 7{,}08$	$\tau_{соср.} = 0{,}57355$ $\tau_{распр.} = 4{,}87$
1.201 Ом/км	$\tau_{соср.} = 0{,}5434$ $\tau_{распр.} = 6{,}03$	$\tau_{соср.} = 0{,}5434$ $\tau_{распр.} = 4{,}81$	$\tau_{соср.} = 0{,}5434$ $\tau_{распр.} = 4{,}808$
2.401 Ом/км	$\tau_{соср.} = 0{,}4541$ $\tau_{распр.} = 4{,}91$	$\tau_{соср.} = 0{,}4541$ $\tau_{распр.} = 4{,}85$	$\tau_{соср.} = 0{,}4541$ $\tau_{распр.} = 5{,}1598$

Данная зависимость постоянных затуханий хорошо передает несоответствие модели с распространенными параметрами с моделью со сосредоточенными параметрами. Следующим этапом проекта является выявление конкретной зависимости коэффициента затухания и периода свободных колебаний от параметров системы. На основе полученных результатов будет проводиться классификация сигналов.

Источники

1. Костенко М. В., Перельман Л. С., Шкарин Ю. П. Волновые процессы и электрические помехи в многопроходных линиях высокого напряжения. М.: Энергия, 1973. 272 с.

2. Шалыт Г. М., Айзенфельд А. И., Малый А. С. Определение мест повреждения линий электропередачи по параметрам аварийного режима. М.: Энергоатомиздат, 1983. 208 с.

3. Лачугин В. Ф. и др. Исследование волновых процессов для релейной защиты линий сверхвысокого напряжения // Электричество. 1983. № 3.

4. Аржанников Е. А., Лукоянов В. Ю., Мисриханов М. Ш. Определение места короткого замыкания на высоковольтных линиях электропередачи. М.: Энергоатомиздат, 2003. 272 с.

5. Козлов В. Н., Бычков Ю. В., Ермаков К. И. О точности современных устройств ОМП // Релейная защита и автоматизация, 2016, № 1. С. 42–46.

6. Зевеке, Г.В. Основы теории цепей. / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил и др. – М.: Энергия, 1989. 530 с.

УДК 621.865

РОБОТИЗИРОВАННОЕ АНТРОПОМОРФНОЕ ЗАХВАТЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Федоров Юрий Петрович[1] Мухаметшин Азат Ильдусович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*yuraf03@mail.ru* , [2]*mo2825@yandex.ru*

Аннотация: В статье описана модель роботизированной антропоморфной кисти, которая способна захватывать объекты разной формы. Представлен способ взаимодействия с антропоморфным захватывающим устройством через задающее устройство по типу сенсорной части.

Ключевые слова: антропоморфная кисть, микроконтроллер, манипулятор , 3D-моделирование, захватное устройство, сервопривод.

ROBOTIC ANTHROPOMORPHIC GRAPPLING DEVICE

Fedorov Yuri Petrovich[1], Mukhametshin Azat Ildusovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]*yuraf03@mail.ru* , [2]*mo2825@yandex.ru*

Abstract: *The article describes a model of a robotic anthropomorphic brush, which is capable of gripping objects of different shapes. We present the parts of interaction with an anthropomorphic gripping device as a sensory system.*

Keywords: *anthropomorphic hand, microcontroller, manipulator, 3D modeling, gripper, servo.*

В настоящее время с развитием мехатроники и робототехники приобретают популярность антропоморфные роботы, потому что они являются более универсальными на производстве и в быту, однако проигрывают в большинстве конкретных задач. Одно из таких устройств-антропоморфное захватное устройство, управляемое с помощью сенсорной перчатки. С помощью него можно взаимодействовать с объектами не только определенной формы, но и произвольной, что в свою очередь сильно расширяет функционал робота. Как известно, для изменения сферы деятельности обычного робота манипулятора приходится производить механические манипуляции и менять программный код, что в свою очередь ведет к дополнительным денежным затратам и потере времени. На

антропоморфных захватных устройствах достаточно будет поменять только программный код. К недостаткам таких захватных устройств можно отнести: высокую стоимость относительно стандартных, сложность сборки и сложность в управлении без тактильных датчиков.

Корпус конструкции будет напечатан на 3д-принтере из ABS-пластика, что значительно удешевит стоимость, но при этом конструкция будет достаточно прочной и долговечной. В качестве «сухожилий» будут использоваться плетеные нити, а в качестве «мышц»-сервоприводы. Угол поворота сервопривода фиксируется с помощью энкодера. Благодаря этому мы сможем регулировать не только угол поворота вала сервопривода, но и измерять скорость и направление вращения. Таким образом получится достигнуть точного позиционирования каждого пальца антропоморфной кисти. Всего используется 5 сервоприводов, это достигается благодаря оригинальной конструкции из двух шлицевых валиков и сервопривода с механическим редуктором.

Управление захватным устройством будет производиться сенсорной перчаткой на базе микроконтроллера ESP32. Микроконтроллер будет считывать показания с энкодеров, которые находятся на перчатке, и на частоте от 2,402 до 2,480 ГГц передавать на микроконтроллер ESP8266, который в свою очередь будет задавать положение сервоприводам антропоморфного захватного устройства.

Источники

1. Анализ и разработка роботизированной руки. [Электронный ресурс] http://masters.donntu.org/2018/etf/basalygin/library/article1.htm

2. Баубеков С.Д. Механика роботов и манипуляторов. // Рука, -Тараз. Типоргафия ТОО «TISS-Жанару», 2014, С.14-16.

3. Шеломенцев Е.Е. Реализация системы управления для антропоморфного манипулятора. XII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». С. 28-29.

4. Назначение и виды энкодеров https://tehprivod.su/poleznaya-informatsiya/naznachenie-i-vidy-enkoderov.html [Электронный ресурс]

5. Знакомство с ESP 8266 [Электронный ресурс] https://tproger.ru/articles/about-esp8266/

6. Роботы и робототехнические устройства. Методы программирования и взаимодействия с оператором: ГОСТ Р 60.0.7.1-2016; введ. 01.01.2018.

УДК 621.315.175

ОБЗОР РОБОТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛЭП

Хамидуллин Ильдар Ниязович[1], Садыков Марат Фердинантович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*ildar.ildar-xam2017@yandex.ru*

Аннотация: В статье представлен литературный обзор на разработку и использования роботов с дистанционным управлением для диагностики ЛЭП.
Ключевые слова: линия электропередач, робот, экспериментальная модель.

OVERVIEW OF ROBOTS FOR DIAGNOSTICS AND MAINTENANCE OF HIGH VOLTAGE LINE

Khamidullin Ildar Niyazovich[1], Sadykov Marat Ferdinantovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]*ildar.ildar-xam2017@yandex.ru*

Abstract: *The article presents a literature review on the development and use of remote-controlled robots for the diagnosis of power lines.*
Keywords*: power line, robot, experimental model.*

В настоящее время в сфере энергетики широко применяются роботы. Применение роботов в энергетике обусловлено экономией затрат на обслуживание объектов промышленной энергетики и с целью облегчить труд человека. Учитывая тот факт, что для энергетиков осмотр и инспектирование высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) сопряжен с целым рядом трудностей, уместно говорить о применении мобильных полностью автономных роботов, или роботов с дистанционным управлением. Применение вышеупомянутых роботов целесообразно, там, где обход ЛЭП человеком не всегда возможен из-за сложного рельефа местности и неподходящих метеоусловий. При этом роботы должны быть грамотно сконструированы и должным образом настроенные.

Одними из первых разработкой роботов занималась японская фирма *HiBot*, по просьбе энергетической компании *Kansai Electric Power Company* (*KEPCO*), разработала, и в 2011 году запустила в эксплуатацию, робота

Expliner, предназначенного для диагностики и обслуживания высоковольтных ЛЭП. Работа робот была довольно простой, его подвешивали к проводам линии, а оператора удаленно осуществлял визуальный контроль с экрана компьютера.

Робот *Expliner* оснащен восемью камерами высокого разрешения. Медленно передвигаясь вдоль линии, робот, используя лазерные датчики, выявляет места коррозии на проводах. Используя канал GPS, робот принимает данные о своем местоположении, и передает полученную информацию оператору. Оператор через камеры может рассмотреть все механические повреждения на проводе (оплавленный провод, трещина и т.д.). Используя полученные данные от робота, ремонтники уже будут знать точно, где и какая неисправность имеет место, что необходимо исправить, что и как отремонтировать. У робота подвижный центр тяжести, за счет чего он самостоятельно преодолевает различного рода зажимы и прокладки. Применение данной модели робота существенно экономит время и расходы на обследование линий традиционным путем.

Начиная с 1998 года канадские разработчики из института Hydro-*Québec* задумывались о создании более сложного робота для диагностики и обслуживания высоковольтных линий электропередач. В 2009 году робот *LineScout* был удостоен премии от Электротехнического института Эдисона.

Идеей разработки робота послужил мощный снежный шторм, из-за которого провода одной из значимых линий электропередач были просто оборваны под грузом намерзшего на них льда.

Разработанный канадскими инженерами робот помимо также оснащен камерами и GPS, но его уникальность заключалась в том, что он может счищать снег с проводов, раскручивать и закручивать болты и гайки, снимать с проводов инородные предметы. Благодаря наличию тепловизоров, робот способен оценивать температуру проводов.

Оператор управляет роботом с компьютера при помощи специального джойстика. Робот *LineScout* показал себя достаточно эффективным во время многократных испытаний в 2010 году на линиях с током до 2 кА, под напряжением 735 кВ.

Обобщив опыт японских и канадских инженеров, а также используя их наработки, на базе ФГБОУ ВО КГЭУ была разработана экспериментальная модель робота инспектора ЛЭП (рисунок 1,2).

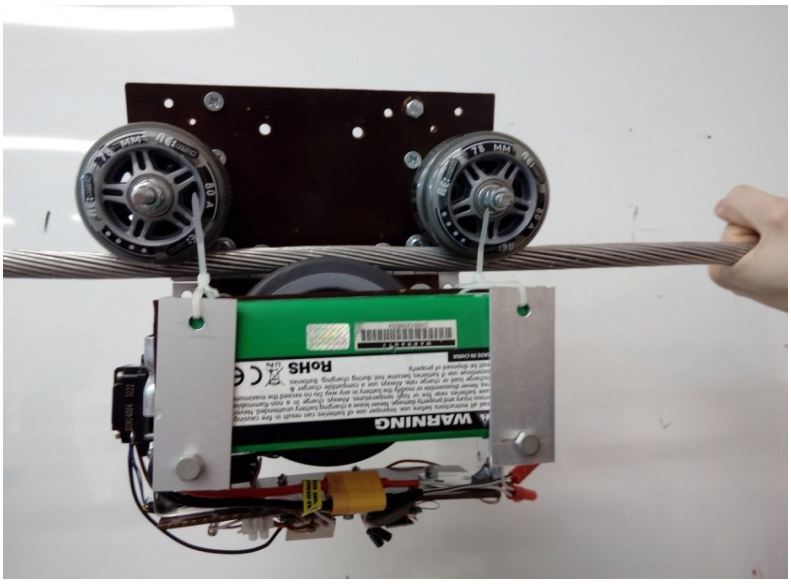


Рис. 1. Экспериментальная модель робота

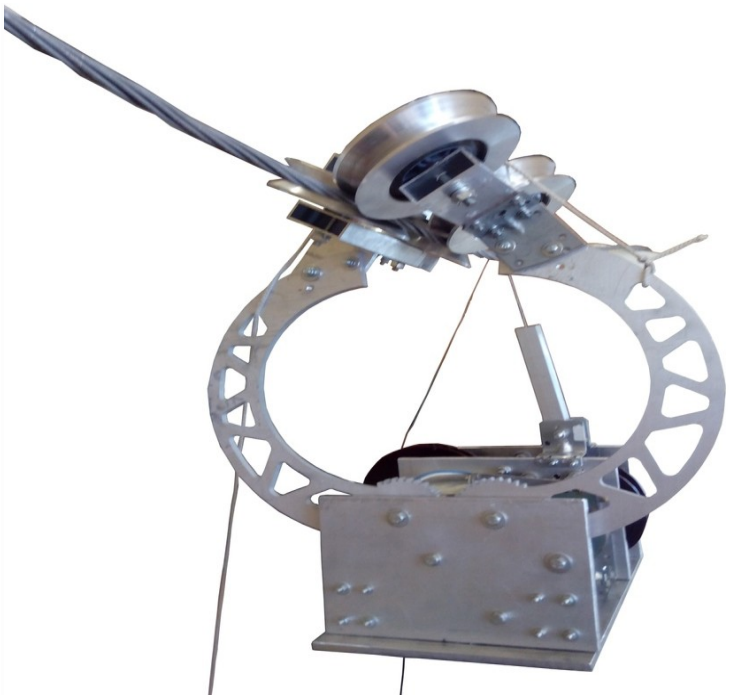


Рис. 2. Экспериментальная модель робота

Разработанная нами модель использовалась для сканирования и очистки проводов ЛЭП от снега и наледи. Экспериментальная модель по себестоимость значительно экономичнее зарубежных аналогов.

Источники

1. Большанин Г.А., Плотников М.П., Шевченко М.А. Экспериментальное определение параметров трѐхпроводной

ЛЭП. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.- 2019.-;21(4):85-94. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-4-85-94

2. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017;19(3-4):69-79. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-3-4-69-79

3. Федоров О.В., Семёнов А.С., Егоров А.Н., Хубиева В.М. Технико-экономическое обоснование внедрения системы непрерывного мониторинга показателей качества электроэнергии на объектах горных предприятий. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016;(9-10):91-97. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2016-0-9-10-91-97

4. Ярославский Д.А., Нгуен В.В., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Наумов А.А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(3):97-106. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-3-97-106

5. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Конов А.Б., Иванов Д.А., Горячев М.П., Ямбаева Т.Г. Методика мониторинга гололедных отложений на проводах ВЛ с учетом разрегулировки линейной арматуры. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017;19(5-6):89-97. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-5-6-89-97

6. Примеры использования роботов в энергетике [Электронный ресурс] http://electrik.info/main/news/1188-ispolzovanie-robotov-v-energetike.html

УДК 621.22

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Шайхутдинова Ляйля Рамисовна[1], Смирнова Светлана Васильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г.Казань, Россия
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com, [2]kai@kai.ru

Аннотация: Представленная работа посвящена разработке пьезогенератора гидроэнергетической установки. ГЭУ позволяет вырабатывать электрическую энергию посредством применения пьезоэлектрического метода, что позволяет получать электричество от механической энергии воды, не причиняя вреда водной экологии. Так как в установке не применяются турбины, нередко наносящие вред флоре и фауне рек.
Ключевые слова: электроэнергия, пьезоэлектричество, гидроэнергетическая установка, экологическая система, пьезогенератор.

MODELING OF COMPONENT PARTS OF A HYDROPOWER PLANT

Shaikhutdinova Lyaila Ramisovna[1], Smirnova Svetlana Vasilievna[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI», Kazan, Russia
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com, [2]kai@kai.ru

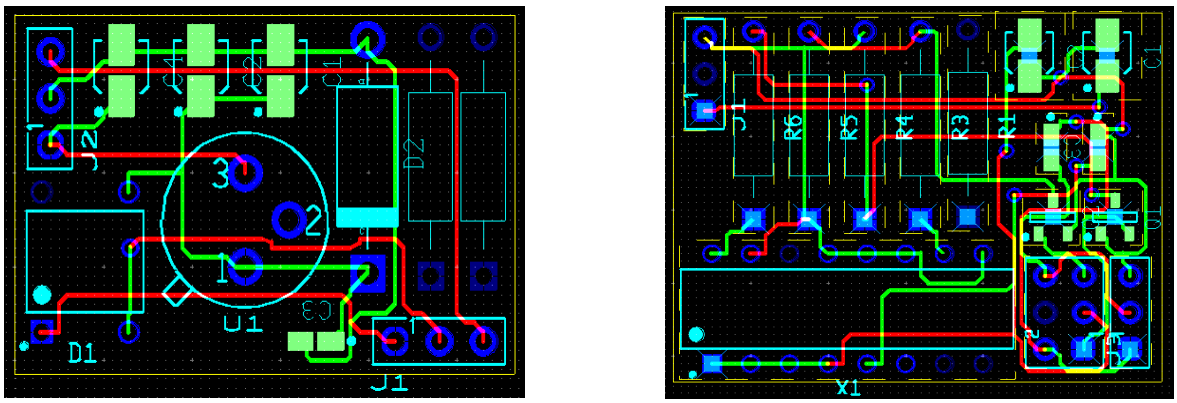
Abstract: *The presented work is devoted to the development of piezoelectric hydroelectric generator. HEP allows to generate electric energy by applying piezoelectric method, which allows to get electricity from mechanical energy of water without causing harm to aquatic ecology. Since the plant does not use turbines, often causing harm to the flora and fauna of rivers.*
Key words: *electric power, piezoelectricity, hydropower plant, ecological system, piezogenerator.*

Разрабатываемое устройство под влиянием звукового давления вырабатывает электрический сигнал, который пройдя через систему обработки и накопления поступает напрямую к потребителю.

Гидроэнергетическая установка, выбранная мною за прототип, имеет другой принцип преобразования механической энергии. Так как данная установка имеет малые габариты по сравнению с большинством ГЭС, она не будет оказывать негативного влияния на фауну рек. Также в выбранной ГЭУ имеет место не турбинный метод, который нередко наносит вред состоянию рек и становится причиной пагубного действия на рыб, а

пьезоэлектрический метод преобразования энергии воды в электрическую энергию, а значит и вред от ее использования будет наименьший.

Осуществим реализацию печатной платы устройства в программе *Ultiboard*. Для начала представим реализацию трассировки печатных плат обработки информации и инвертора на рис. 1 (а) и б)).



а) б)

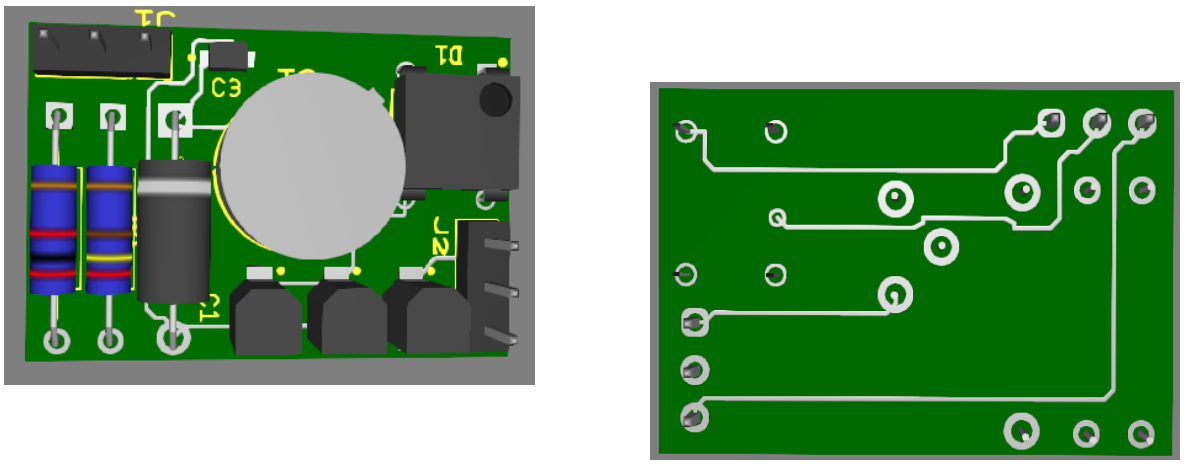
Рис. 1. Трассировка печатных плат,
а) обработки информации, б) инвертора

Печатная плата обработки информации имеет следующие размеры:

- ширина: 32 мм;
- высота: 23 мм.

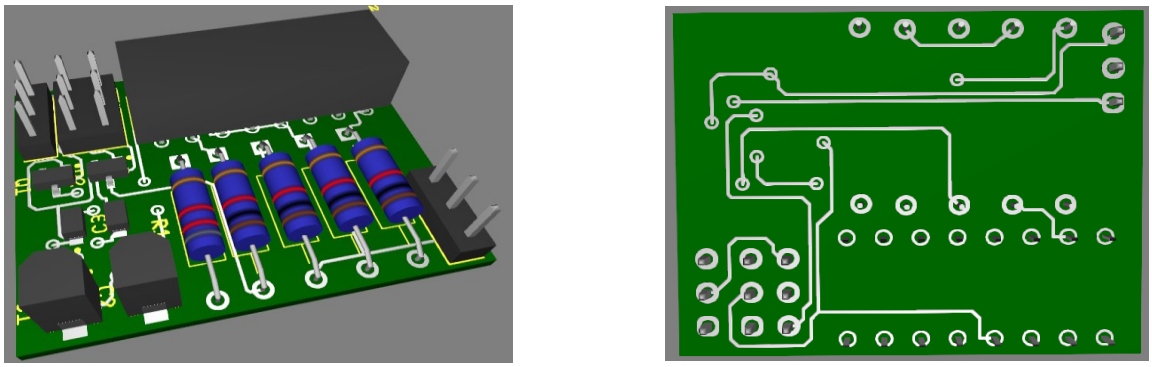
Печатная плата инвертора имеет следующие размеры:

- ширина: 42 мм;
- высота: 24 мм.



а) б)

Рис. 2. 3D-модель печатной платы обработки информации в программе Ultiboard
(а) вид сверху, б) вид снизу)



а) б)

Рис. 3. 3D-модель печатной платы инвертора в программе Ultiboard
(а) вид сверху, б) вид снизу)

Реализация разводки печатной платы осуществлялась с применением пакета *Multisim*, предназначенного для моделирования электрических схем. Возможности использования этих пакетов программ, позволяют разработчикам печатных плат сократить время на изготовления печатных плат, а также сократить затраты на реализацию опытных образов [1-2].

Разработка виртуальной твердотельной 3D-модели ГЭУ производилась в среде трехмерного моделирования 3D-Компас. На рис. 4 представлена 3D-модель упрощенной конструкции ГЭУ, для которого осуществляется разработка пьезогенератора.

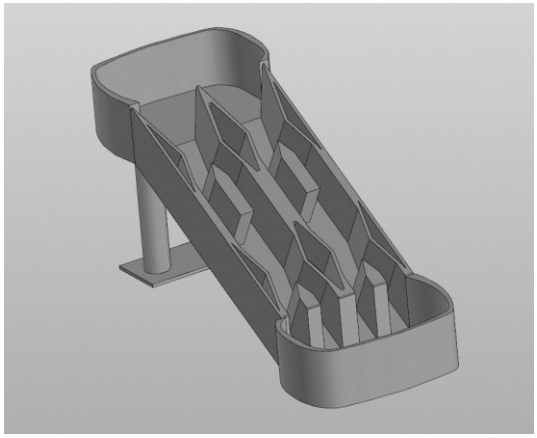


Рис. 4. 3D-модель упрощенной конструкции ГЭУ

Одна установка предполагает наличие от 20 до 50 пьезогенераторов для выработки необходимого количества электроэнергии.

– номинальная выходная мощность ГЭУ: около 5кВт;
– максимальная выходная мощность ГЭУ: около 6 кВт;
– выходная мощность пьезогенератора: приблизительно 120 Вт;
– объем накопительного резервуара: 1 метр в кубе;
– габариты ГЭУ (в метрах): 2х0,7х1,5 (предположительно).

Для выработки необходимого объема электроэнергии предлагается устанавливать каскад и 6-10 установок, которые будут выдавать номинальную выходную мощность каскада в 15-40 кВт.

Реализация виртуальных подобных моделей позволяет выделить различные конструктивные особенности разрабатываемых устройств, а также дает возможность проведения различных расчетов.

Источники

1. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. Москва: Техносфера, 2006. 632 с. 21.

2. В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ж.В. Сотула, К.В. Базило, Л.Г. Куницкая. Пьезокерамические трансформаторы и датчики / Под ред. В.М. Шарапова. Черкассы: Вертикаль, 2010. 278 с.

3. Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Концепция построения гидроэнергетической установки с пьезоэлектрическими преобразователями // «Химия и инженерная экология – XX»: XX Международной научной конференции (школа молодых ученых), 28-30 сентября 2020 г.: материалы конференции. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2020. С. 146-149. ISBN 978-5-6045150-1-3https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44281255

4. Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Пьезоэлектрические датчики как средство получения экологически чистой энергии // «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве»: VI Национальной науч.-практ. конф., Казань, 10–11 декабря 2020 г.: в 2 т./ редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2020. С. 47-49. ISBN978-5-89873-572-2 (т. 1)

5. Гусев В.Г., Гусев Ю.М., Электроника и микропроцессорная техника. Учеб. Для вузов.- 3 издание переработанное и дополненное. М.: Высшая школа, 2004г., 790 стр.

УДК 625.8

СТАНДАРТЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Шакиров Арслан Айнурович[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]shakirov.aa@bk.ru

Аннотация: В данной работе проведен обзор современных стандартов и методов контроля асфальтобетона. Описан контроль асфальтобетонного покрытия в процессе его формирования. Приведены экспертизы, проводимые при разрушающем контроле.

Ключевые слова: асфальтобетон, ГОСТ, качество, контроль, покрытие, керны.

STANDARDS AND METHODS OF QUALITY CONTROL OF ASPHALT CONCRETE COVERING

Shakirov Arslan Ainurovich [1], KozelkovOleg Vladimirovich [2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1,2]shakirov.aa@bk.ru

Abstract: *In this paper, an overview of modern standards and methods of asphalt concrete control is carried out. The control of asphalt concrete pavement in the process of its formation is described. The examinations carried out during destructive testing are given.*

Keywords: *asphalt concrete, GOST, quality, control, coating, cores.*

Асфальтобетон представляет собой композитный материал, обычно используемый для покрытия дорог, парковок, аэропортов. Он состоит из смеси минерального материала (щебня, песка, минерального порошка) и битума, связанного вместе с асфальтом, уложенного и уплотненного слоями.

В России требования к асфальтобетону, полимерасфальтобетону, асфальтобетонной смеси и полимерасфальтобетонной смеси изложены в ГОСТ 9128 «Межгосударственный стандарт смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия» [1].

Техническое обследование и контроль асфальтобетонных покрытий городских улиц и дорог проводится в полном соответствии с требованиями утвержденных проектов и действующих нормативно-технических актов [2].

При устройстве асфальтобетонного покрытия и при его формировании проверяется [3]:

а) качество восстановления разрытий;

б) ровность, плотность и состояние основания, правильность установки боковых камней, решеток и люков колодцев подземных сетей;

в) температура смеси на всех этапах нанесения покрытия;

г) равномерность толщины нанесенного слоя с учетом коэффициента уплотнения;

д) способ герметизации;

д) качество сцепки полос асфальтобетонного покрытия;

ж) соответствие поперечных и продольных уклонов проекту.

Ширину и сечение покрытий необходимо проверять через 100 м. Продольную и поперечную консистенцию покрытия следует проверять через 30-50 м. Для проверки качества готового асфальтобетонного покрытия (образцы, вырубки и керны) не следует брать менее 1,5 м от края дороги. Образцы следует брать не ранее чем через 3 дня после окончания уплотнения и начала движения автотранспорта из расчета: один образец на покрытие 3000 м^2 или 3 образца на покрытие 7000 м^2 [3]. Образцы следует отбирать вдоль проезжей части на расстоянии не менее 1 м от края тротуара и на участках, близких к стыкам.

Техника формовки испытательных проб для изучения в лаборатории:

1. Прессование смеси под воздействием 40 МПа подходит для сырья, в котором содержится до 35 % щебёнки.

2. Если сырьё содержит от 35 % и более щебня, то материал уплотняют с помощью вибрационного устройства. После чего отправляют под пресс. В данном случае будет достаточно давления 20 МПа.

3. Асфальтобетон холодной марки подготавливают для диагностики под незначительным давлением. Всего 0,5 МПа. Таким образом, будет установлена способность этой марки покрытия противостоять деформациям и механическим повреждениям. Забор образцов для тестирования выполняется в течение получаса с момента изготовления смеси.

4. Контроль качества уже положенного асфальтобетона предполагает, что материал для проб будет высверливаться из общего полотна, а возможно вырубаться. Для этого в арсенале лаборанта имеется бур и пневмомолоток.

Над пробами в дальнейшем проводится ряд экспертиз, которые позволяют изучать отдельные компоненты, приготовленный замес, уложенное покрытие, такие как:

– расчёт средней плотности;
– истинная плотность;
– водонасыщение;
– предел прочности;
– коэффициент водостойкости;
– оценка сцепления битума [4].

Таким образом, были рассмотрены стандарты и методы контроля качества асфальтобетонного покрытия. Данные методы реализуемы только при разрушающем контроле [3], однако это является затратным и не оптимальным решением. Необходима проработка возможности контроля качества асфальтобетона методами неразрушающего контроля (например, при помощи радиоволн).

Источники

1. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия – Введ. 2014-11-01. М.: Стандартинформ, 2013. 45 с.

2. ОДМ 218.4.031-2016. Рекомендации по организации и проведению ведомственного контроля (мониторинга) качества при выполнении дорожных работ на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения – Разработан ООО «Автодорис» М.: ФГБУ «Информавтодор», 2018. 195 с.

3. Руденский А.В. О контроле качества асфальтобетона при строительстве дорожных покрытий // Мир дорог. 2020. № 133. С. 75-77.

4. Дормидонтова Т.В., Мурзов О.А. Контроль качества асфальтобетонных покрытий // Интернаука. 2018. № 24-2 (58). С. 45-47.

Секция 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

УДК 519.71

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗВЕНЬЕВ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Абдуллин Нияз Рустамович[1], Малёв Николай Анатольевич[2],
Мухаметгалеев Танир Хамитевич[3], Хуснутдинов Азат Назипович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университете»,
г. Казань, Россия
maleeev@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается электропривод шахтной грузовой подъёмной установки с ПИД-регулятором в контуре скорости. Показано, что в силу большого значения коэффициента усиления напряжение на выходе регулятора принимает недопустимые значения. Проведено моделирование системы управления электропривода со звеном ограничения на выходе ПИД-регулятора.

Ключевые слова: электропривод, последовательная коррекция, ПИД-регулятор, звено ограничения.

RESEARCH INFLUENCE OF THE LIMITATION LINKS AT SEQUENTIAL CORRECTION OF THE SYSTEM ELECTRIC DRIVE CONTROLS

Abdullin Niyaz Rustamovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2],
Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[3], Khusnutdinov Azat Nazipovich[4]
[1,2,3,4] FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
maleeev@mail.ru

***Abstract**: The paper considers an electric drive of a mine cargo hoisting installation with a PID-controller in the rotational speed loop. It is shown that, due to the large value of the gain, the voltage at the output of the regulator takes on unacceptable values. Simulation of the control system of an electric drive with a limiting link at the output of the PID-controller is carried out.*

***Keywords:** electric drive, sequential correction, PID-controller, limiting link.*

В работе исследуется электропривод шахтной грузовой подъёмной установки, построенный по линеаризованной математической модели системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» [1, 2]. В систе-

ме управления применен метод последовательной коррекции [3, 4] и при настройке на симметричный оптимум получена структура ПИД-регулятора скорости с передаточной функцией [5].

$$W_{\text{рс}}(s) = K_{\text{рс}} \frac{T_{\text{рс1}}s + 1}{s} \frac{T_{\text{э}}s + 1}{T_{\text{рс2}}s + 1}. \quad (1)$$

В результате расчета параметров передаточной функции (1) коэффициент усиления ПИД-регулятора принял значение, равное 1617 с^{-1}. График сигнала на выходе регулятора скорости показан на рис. 1.

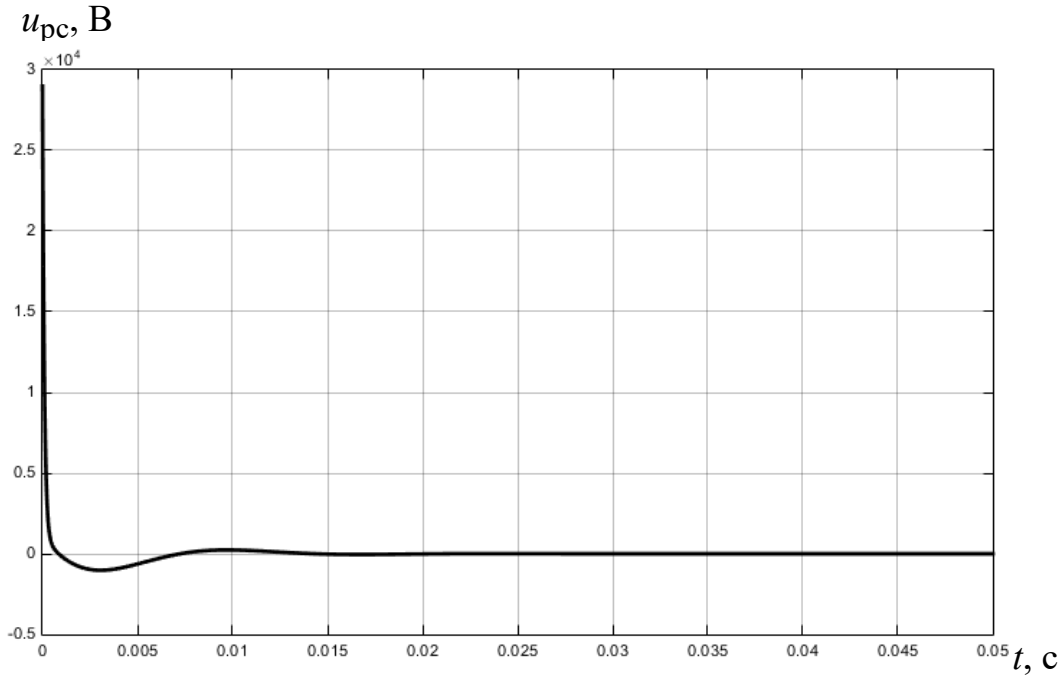


Рис.1. Напряжение на выходе регулятора скорости

Очевидно, что напряжение на выходе регулятора скорости принимает недопустимые значения и необходимо принять меры по его ограничению. В Simulink-модели данная процедура реализуется с помощью блока Saturation, а в аналоговой реализации регулятора за счет встречного включения соответствующих стабилитронов в обратной связи операционного усилителя.

Графики регулируемой величины при набросе нагрузки без учета ограничения напряжения на операционном усилителе регулятора скорости и с учетом показаны на рис. 2. Благодаря наличию ПИД-регулятора, интегрирующее звено расположено до точки приложения момента сопротивления $M_{\text{с}}$, т.е. статическая ошибка системы обращается в нуль. Таким образом, при данном типе регулятора, система обеспечивает абсолютно жёсткую искусственную механическую характеристику привода.

n, об/мин

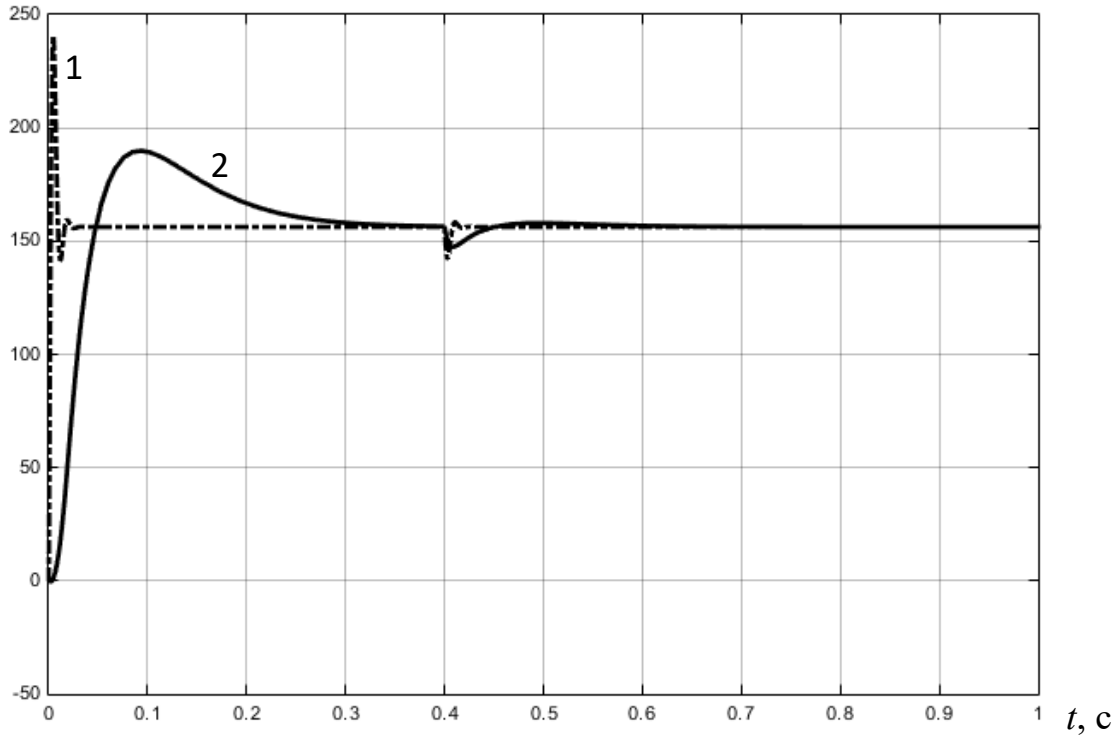


Рис. 2. Переходные характеристики контура скорости при набросе нагрузки M_c: 1 – без учета ограничения напряжения на операционном усилителе регулятора скорости; 2 – с учетом ограничения напряжения

При набросе нагрузки через 0,4 с электропривод отрабатывает возмущение, сводя ошибку по скорости к нулю (график 1). При учете ограничения напряжения на операционном усилителе регулятора скорости время нарастание снижается, $t_{\text{н}}^{\text{кс}}$ = 0,05 с, и электропривод достигает установившегося значения скорости примерно через 0,3 с (график 2). Перерегулирование при этом снижается практически в 2 раза и составляет 21%. Поскольку для исследуемого электропривода быстродействие не является определяющим фактором, считаем данное обстоятельство удовлетворяющим предъявляемым требованиям.

Источники

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник. 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 2001. 704 с.

2. Герман-Галкин С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / М.: Корона-Век, 2014. – 368 с.

3. Малёв Н.А., Мухаметшин А.И., Погодицкий О.В., Городнов А.Г. Экспериментально-аналитическая идентификация математической модели

электромеханического преобразователя постоянного тока с применением метода наименьших квадратов. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019, № 21(4). С. 113–122.

4. Малёв Н.А. Расчет и исследование астатического электропривода малой мощности. Казань: Практикум / Казан. гос. энерг. ун-т, 2011. – 127 с.

5. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 312 с.

УДК621.34:622.276.53

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН В НГДУ «ЯМАШНЕФТЬ» ЗА СЧЁТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СТАНЦИЯМИ УПРАВЛЕНИЯ

Алешин Сергей Алексеевич [1], Якунин Анатолий Николаевич [2]

[1]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россиян

[2]ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной унивесиетет», г.Альметьевск, Россия

[1]aleshin97@inbox.ru, [2]anatol_ee@rambler.ru

Аннотация: Современные станции управления добывающих скважин оснащены управляемым преобразователем частоты, позволяющим регулировать частоту вращения электродвигателя, число качаний станка качалки и в конце – производительность насоса. Преобразователь частоты способен реализовать энергоэффективный алгоритм управления, однако для этого он должен быть оснащён датчиками технологических переменных – нагрузка на головке балансира, положение полированного штока, устьевое давление и ток электродвигателя. Измерение технологических параметров позволит достигнуть высокое качество процессов управления, так как основная характеристика режима работы добывающей скважины уже будет построена не по косвенным данным.

Ключевые слова: станция управления, датчики переменных, режим работы скважины, энергоэффективность.

OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF PRODUCING WELLS IN NGDU "YAMASHNEFT" DUE TO THE MEASUREMENT OF PARAMETERS BY INTELLIGENT CONTROL STATIONS

Aleshin Sergey Alekseevich[1], Yakunin Anatoly Nikolaevich[2]

[1]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russians

[2]GBOU VO «Almetyevsk State Oil University», Almetyevsk, Russia

aleshin97@inbox.ru,[2] anatol_ee@rambler.ru,

Abstract: *Modern control stations of producing wells are equipped with a controlled frequency converter that allows you to adjust the speed of the electric motor, the number of swings of the rocking machine and, finally, the pump performance. The frequency converter is capable of implementing an energy-efficient control algorithm, but for this it must be equipped with sensors of technological variables – load on the balancer head, the position of the polished rod, wellhead pressure and motor current. The measurement of technological parameters will allow achieving high quality of control processes, since the main*

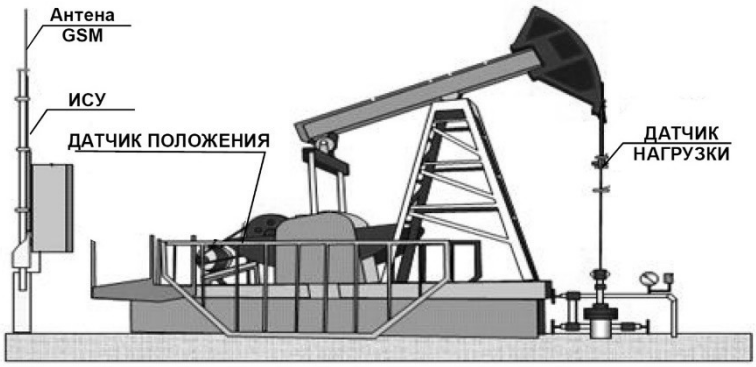
characteristic of the operating mode of the producing well will already be built not on indirect data.

Key words: *control station, variable sensors, well operation mode, energy efficiency.*

Добыча нефти в современных условия, связанная с увеличением объёмов добычи, сопровождается снижением забойных давлений, увеличением требуемых напоров, долей свободного газа и выносом механических примесей из пласта. Все это требует использование новой техники, позволяющей обеспечить необходимые технологические режимы и реализующей интеллектуализацию процессов, снижающей влияние человека на работу оборудования в скважине и повышающей экономическую эффективность [1]. Интеллектуализацию процессов управления добывающей скважины позволит реализовать современная станция управления частотно-регулируемым электроприводом, позволяющей обеспечить оптимальный режим работы технологической установки, добиться нужной производительности и избежать перерасхода электроэнергии.

Всё больше скважин переходит в осложненный фонд эксплуатации, но имеющих потенциал увеличения добычи нефти по причине высокого динамического уровня. Проведение технических мероприятий по изменению параметров работы добывающей скважины приводит к дополнительному приросту дебита. Одним из таких решений для увеличения добычи нефти и уменьшения электропотребления является внедрение интеллектуальных станций управления (ИСУ) с преобразователем частоты, и исключающих частое нахождение на добывающей скважине обслуживающего персонала [3].

Для достижения интеллектуальных процессов управления были выбраны следующие параметры, характеризующие режим работы скважины: режим эксплуатации (частота качаний, вид динамограмм); динамический уровень; дебит скважины; удельное энергопотребление. Для обеспечения оптимальности параметров работы станции управления оснащается датчиком положения головки балансира, и межтраверсным динамографом формирующим фактическую ваттметрограмму (см. рисунок). Тогда алгоритм управления ИСУ будет реализовать постоянную программную подстройку частоты выходного напряжения и для улучшения работы электропривода УШГН.



ИСУ с установленным на ней динамографом и датчиком НМТ (на контргрузе).

Для оценки индикатора энергоэффективности ИСУ постоянно должно выполнять подсчёт показателя удельного расхода электроэнергии на добычу нефти, и даёт возможность оценить текущий уровень энергетической результативности и выявлять потенциал дальнейшего энергосбережения. Всё больше современные ИСУ применяют интеллектуальные методы анализа данных, которые позволят осуществлять оптимальный выбор факторов отклонений удельного расхода электроэнергии и повысить достоверность контроля энергоэффективности технологического процесса добычи [2].

Как показывают данные практического применения в НГДУ - ИСУ обеспечивает более оптимальный режим эксплуатации насосного оборудования, чем обычные станции управления. Благодаря непрерывному контролю динамограмм появляется возможность добиться желаемого заполнения цилиндра насоса жидкостью, поддержания высокого динамического уровня.

Источники

1. Ершов М.С., Яризов А.Д. Электрооборудование и станции управления технологических установок механизированной добычи нефти: Учеб. Пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2008. 124 с.

2. Цыпленков С.В., Агафонов Е.Д. Концепция комплексной системы контроля энергоэффективности механизированной добычи нефти. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021;23(4):180-196.

3. Алешин С.А., Якунин А.Н. Опыт практической комплектации интеллектуальной станции управления УШГН //Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей четвертой международной научной конференции. 29-30 апреля 2020 г. Часть 1. Казань: ООО «Конверт», 2020. 276 с.

УДК 621-313.3

ОПЕРЕЖАЮЩАЯ РАЗГРУЗКА УЗЛА ПРИ ВЫХОДЕ ГТЭС В АВТОНОМНЫЙ РЕЖИМ

Алиев Георгий Раджевич
НГДУ «Нижнесортымскнефть», п.Нижнесортымский, Тюменская область, Россия
aliev.g@icloud.com

Аннотация: в статье предложен усовершенствованный алгоритм работы терминала делительной автоматики по частоте и напряжению, данный алгоритм опирается на логику контроля мощности и ее направлении. Проанализирован выход в автономный режим газотурбинной электростанции (далее ГТЭС) мощностью 36 МВА.

Ключевые слова: частотная разгрузка, автономный режим, трансформатор, алгоритм, устойчивая работа узла.

ADVANCED UNLOADING OF THE NODE WHEN THE GTPP EXITS AUTONOMOUS MODE

Aliev Georgy Rajevich
NGDU «Nizhnesortymskneft», settlement Nizhnesortymsky, Tyumen region, Russia
aliev.g@icloud.com

***Abstract**: the article proposes an improved algorithm for the operation of the terminal of dividing automation in frequency and voltage, this algorithm is based on the logic of power control and its direction. The article analyzes the autonomous operation of a gas turbine power plant (hereinafter referred to as GTPP) with a capacity of 36 MVA.*

***Key words**: frequency unloading, autonomous mode, transformer, algorithm, stable operation of the unit.*

Целью данной работы является сохранение устойчивости узла в аварийной ситуации, при выходе ГТЭС в автономный режим. Для достижения данной цели требуется проанализировать и применить метод опережающей разгрузки узла по мощности.

В качестве противоаварийной автоматики на таких подстанциях установлена панель ДАЧН (делительная автоматика по частоте и напряжению), панель ФОВ (фиксация отключенного положения выключателя) и АРУ (автоматика разгрузки узла). На современных ПС/110/35/6кВ, работающих в блоке с ГТЭС установлены терминалы ШЭЭ 224 0202. Задача АРУ заключается в том, чтобы отключить запланированных потребителей при отклонении частоты и напряжения от заданных уставок в автономном режиме. При направлении перетока мощности в сеть, в

доаварийном режиме (избыток мощности), работа АРУ запрещается, при обратном перетоке (режим с дефицитом мощности), работа АРУ разрешена. Практика показала недостаточную эффективность работы АРУ, ФОВ. При выходе в автономный режим с дефицитом мощности, ГТЭС начинает работать с гарантированным перегрузом. Во-первых, снижается напряжение и частота. В случае двигательной нагрузки возрастает потребление реактивной мощности с большой вероятностью лавинообразного снижения напряжения. Во-вторых, работая в таком режиме неизбежен перегруз и ускоренный расход ресурса генераторов, и турбин.

Таким образом, напрашивается вывод: нет смысла подвергать генераторы ГТЭС перегрузке, логичнее произвести опережающую разгрузку узла по мощности сразу же после выхода ГТЭС в автономный режим. Для реализации такой схемы можно использовать органы контроля мощности в терминалах ШЭЭ 224 0202. Логическая часть такой схемы приведена на рисунке (см. рисунок 1.)

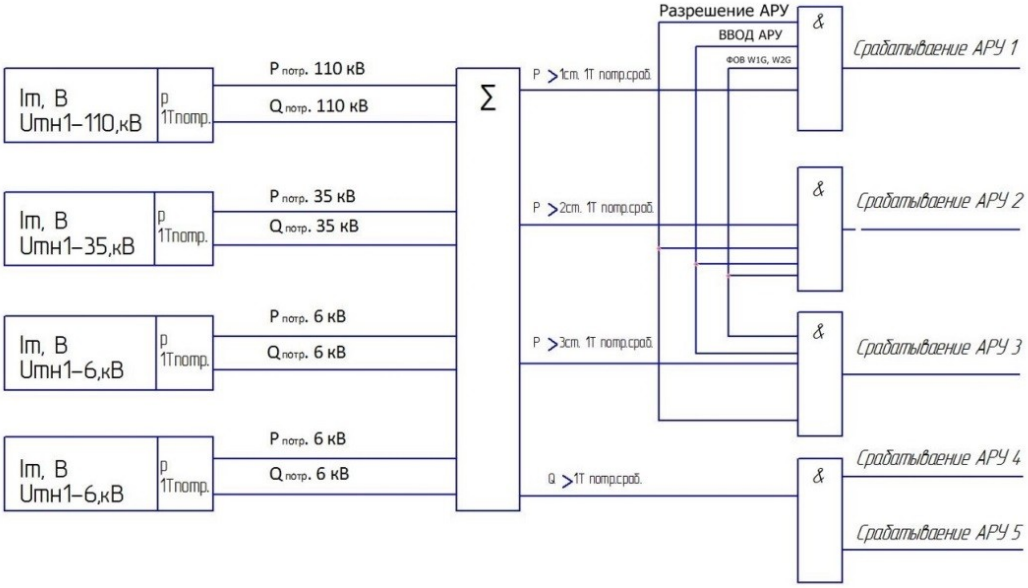


Рис. 1. Алгоритм работы опережающей разгрузки узла

Здесь генерируемая мощность сравнивается с суммарной потребляемой для вычисления величины дефицита. Далее величина мощности дефицита разбивается на три (можно и более) ступени с воздействием на отключение заранее выбранных потребителей. Необходимо так же предусмотреть и узел контроля баланса реактивной мощности с воздействием на компенсирующее устройство, либо второй вариант, снижение полезной мощности.

Основной принцип частотной разгрузки. На рисунке указана заштрихованная область (см. рисунок 2.), обозначающая границу, ниже которой частота не может понижаться в определенный момент времени. При долгой работе крупных турбин на пониженной частоте в них возникают

разрушительные процессы, связанные с совпадением частоты вращения турбины с резонансной частотой какой-либо из групп её лопаток. Последствиями таких перегрузок может стать срезание предохранительных болтов, стоимость которых крайне велика, и которые в свою очередь являются последней защитой турбины от разрушения.

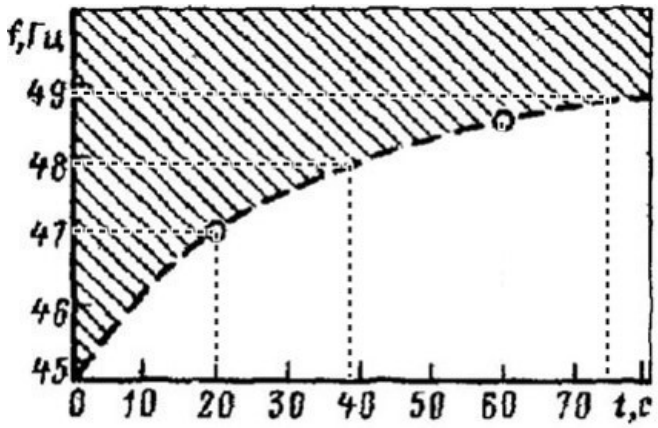


Рис. 2. Частотно-временная характеристика

Применение метода опережающей разгрузки, позволяет значительно увеличить динамическую устойчивость узла, а также сохранение ответственных потребителей, чья остановка может привести к серьезным последствиям, и неоправданным экономическим потерям. Ко всему добавляется и повышенный срок службы агрегатов, турбин, генераторов.

Источники

1. Беспалов, В.Я., Котеленец Н.Ф. Электрические машины /М.: Academia, 2013. 320 с.

2. Сибикин, Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: Учебное пособие / - М.: РадиоСофт, 2013. 328 с.

3. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: Учебное пособие/ М.: Форум, 2012. 496 с.

4. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Матюнина Ю.В. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие / М.: МЭИ, 2013. 412 с

5. Назарычев А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов / Вологда: Инфра-Инженерия, 2006. 928 с.

УДК 621.31

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ БУ-2000/125 ЭП

Андиряков Вадим Владимирович [1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]andiryakov.vadim@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: в статье предложен модернизированный электропривод главных механизмов буровой установки БУ-2000/125 ЭП. Модернизация электропривода буровой установки выполняется путем замены электродвигателей постоянного тока с тиристорным преобразователем, на асинхронные электродвигатели с частотным регулированием.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, буровая лебедка, ротор, трансформатор, автоматизированная система управления, выпрямитель, инвертор, контроллер.

ELECTRIC DRIVE MODERNIZATION DRILLING RIG BU-2000/125 EP

Andiryakov Vadim Vladimirovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1,2,3] FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]andiryakov.vadim@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Abstract: *The article proposes a modernized electric drive of the main mechanisms of the BU-2000/125 EP drilling rig. Modernization of the electric drive of the drilling rig is carried out by replacing DC electric motors with a thyristor converter with asynchronous electric motors with frequency control.*

Keywords: *asynchronous electric drive, drawworks, rotor, transformer, automated control system, rectifier, inverter, controller.*

Буровая установка БУ2000/125 предназначена для бурения на нефть и газ роторным способом и забойными двигателями разведочных и эксплуатационных скважин [1]. Привод основных механизмов (буровая лебедка, ротор) индивидуальный, электрический, постоянного тока от тиристорных преобразователей [2]. В процессе бурения скважин, осложнения, связанные с прихватами бурового инструмента, занимают большой процент времени в сравнении с другими авариями и требуют большого количества времени для их ликвидации [3]. Одной из причин,

приводящей к прихвату бурильных и обсадных колонн, является разрушение щеточно-коллекторного узла двигателя постоянного тока. Также из существенных недостатков системы «управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока», можно выделить низкий коэффициент мощности при пониженном выходном напряжении. Кроме того, из-за пульсации напряжения возникают пульсации тока, что ухудшает работу двигателя: возрастают потери, ухудшается коммутация и т.д. В связи с этим появляется потребность в модернизации электропривода, одним из способов достижения данной цели является асинхронный электропривод с частотным регулированием.

Асинхронный электропривод с частотным регулированием должен обеспечить:

– увеличение скорости проходки скважины и уменьшение нагрузки на оборудование;

– продление срока службы оборудования;

– оснащение БУ современным оборудованием, отвечающим требованиям норм промышленной и экологической безопасности, международных стандартов;

– сокращение эксплуатационных затрат;

– повышение качества и надежности работы оборудования;

– увеличение межремонтного периода.

Общее представление модернизированного электропривода:

Электрооборудование для управления механизмами лебёдочного блока размещено в контейнере КТУ: преобразовательный трёхобмоточный, трансформатор для питания главных приводов, многодвигательный преобразователь частоты для питания двигателя лебёдки и ротора, релейно-контакторная аппаратура для управления вспомогательными электроприводами вышечно-лебедочного блока (далее ВЛБ), шкаф распределения питания для подключения потребителей ВЛБ, аппаратура управления и защиты для аварийного привода буровой лебёдки, система АСУ-ТП [4].

Преобразователи частоты главных приводов выполнены на базе многодвигательного привода и имеют общий двенадцатипульсный выпрямитель, для снижения помех генерируемых в сеть, и отдельный инверторный блок для питания каждого двигателя. Каждый инверторный блок имеет три модуля в инверторе. Наличие трёх модулей в инверторе позволяет, в случае выхода из строя одного модуля в инверторном блока, перейти на работу на двух модулях. Таким образом повышается надёжность системы. Для сброса генерируемой

энергии при торможении привода, привод оснащён тормозным блоком выполненном на базе одного модуля инвертора.

Для сброса энергии, генерируемой во время торможения, в торце контейнера размещен отсек тормозных резисторов. Отсек тормозных резисторов выполнен не утеплённым и имеет принудительную вентиляцию. Вентиляторы, установленные для обдува тормозных резисторов, являются регулируемыми по скорости и изменяют производительность в зависимости от температуры тормозных резисторов [5].

Управление электроприводами главных механизмов осуществляется посредством автоматизированной системы управления (АСУ).

Система АСУ имеет набор оборудования необходимый для управления приводами и диагностики системы, и архивирования технологических процессов: программируемый логический контроллер в КТУ, панель визуализации в кабине бурильщика, станция распределённой периферии в пульте бурильщика.

АСУ представляет собой систему, состоящую из главного контроллера и станции распределенной периферии. АСУ предназначена для непрерывной работы. Ведущим устройством системы АСУ является микропроцессорный контроллер, который реализует логику работы системы. В качестве микропроцессорного контроллера применяется серийно выпускаемый промышленный программируемый логический контроллер фирмы *Siemens*.

Визуализация параметров работы и состояния электрооборудования осуществляется на сенсорной операторской панели с видеокадрами в виде мнемосхем и надписями на русском языке в контейнере и опционально в кабине бурильщика.

Питание цепей управления АСУ, в том числе контроллера и панели выполнено от источника бесперебойного питания.

Источники

1. Крец В.Г. «Буровое оборудование: учебное пособие» Томск. 2011г.

2. Никулин О.В. «Электроснабжение буровых установок и способы повышения надежности электроснабжения электропривода буровых лебедок» 2017 г.

3. Блантер С.Г., Суд И.И. «Электрооборудование для нефтяной промышленности», Изд. «Недра», 1973 г.

4. Быстрицкий Г.Ф. «Энергосиловое оборудование промышленных предприятий», Москва 2003 г..

5. Миронов Ю.В. «Расчет и конструирование бурового оборудования: Учебное пособие для вузов» 2-е изд., перераб. 2005 г.

УДК 621. 313

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

Гаджибалаев Надир Мирзабала
Сумгаитский Государственный Университет, г. Сумгаит, Азербайджан
n.hacibalayev@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы для получения электрической энергии от ветровой энергии с использованием ВЭУ с асинхронным генератором. Произведен сравнительный анализ и выбран ВЭУ с конденсаторными батареями на базе асинхронного генератора. Затем составлена математическая модель ВЭУ, для исследования пуска, торможения, а также для уменьшения колебаний выходной мощности при управлении.

Ключевые слова: поток ветра, ветроколесо, системы генерирования, ветродвигатель, угол наклона лопастей, регулятор напряжения, конденсаторные батареи, математическая модель.

MATHEMATICAL MODEL OF A WIND POWER PLANT WITH AN ASYNCHRONOUS GENERATOR

NADIR MIRZABALA HAJIBALAYEV

Hajibalayev Nadir Mirzabala
Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan
n.hacibalayev@mail.ru

Abstract: *The article discusses the issues of obtaining electrical energy from wind energy using a wind turbine with an asynchronous generator. A comparative analysis was carried out and a wind turbine with capacitor banks based on an asynchronous generator was selected. Then a mathematical model of the wind turbine was compiled to study starting, braking, and also to reduce fluctuations in output power during control.*

Key words: *wind flow, wind wheel, generation systems, wind engine, blade rotation angle, voltage regulator, capacitor banks, mathematical model.*

Поскольку угроза истощения ископаемого топлива в будущем и выброс большого количества тепла от тепловых электростанций и атомных электростанций в окружающую среду представляют угрозу для окружающей среды, необходимо увеличивать производство энергии за счет разработки технологий использования альтернативных источников энергии, которые не зависят от ископаемого топлива. Получение энергии из возобновляемых источников энергии довольно дорого, но развитие этой технологии создаст новые рабочие места за счет внедрения новых

технологий, привлекая в последние десятилетия развитые страны – европейские страны, Японию, США и Китай.

На гидроэнергетику приходится значительная доля производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии, но потенциал крупных гидроэлектростанций истощается, и в настоящее время все больше внимания уделяется выработке электроэнергии за счет строительства и эксплуатации малых гидроэлектростанций. Планируется увеличить долю энергии ветра в энергетическом балансе за счет развития энергии ветра среди возобновляемых источников энергии, поскольку энергия ветра принята во всем мире как источник чистой возобновляемой энергии, и спрос на нее как на технологию получения электроэнергии растет.

Известно, что для выработки электроэнергии и обеспечения их параллельного подключения к сети, современные ветровые электрические установки имеют разные системы генерации. В такой системе скорость и мощность ветряной электрической установки не могут превышать номинальное значение путем изменения угла вращение лопастей выше номинального значения скорости ветра.

Ветряная электрическая установка получает кинетическую энергию ветрового потока и преобразует ее в электрическую энергию. Генератор используется для преобразования механической энергии вращающегося вала ветряного двигателя в электрическую. К генераторам ветряных установок предъявляются особые требования с учетом их характеристик. Наиболее важным из этих требований является то, что, как мы знаем, генератор приводится в действие вращением ветряного колеса. Режим формирования при таком вращении зависит от скорости ветра, причем скорость ветра непостоянна [1].

Необходимо обеспечить требуемые характеристики генератора в условиях изменения скорости ветра и широкого диапазона частот вращения за счет этого изменения. Кроме того, загруженность питаемых им потребителей также влияет на его способность соответствовать требуемым характеристикам, то есть работать в фиксированном режиме [2]. Поэтому необходимо обеспечить стабильное значение напряжения на выходе генератора при изменении скорости вращения ротора и нагрузки. Для этого совершенно необходимо использовать регулятор напряжения. Для такого регулирования обычно используются либо регуляторы напряжения, а в ветряных электростанциях с синхронными генераторами для регулирования тока в ударной катушке используются регуляторы

напряжения. А это приводит к дополнительным потерям энергии в обмотке генератора.

Из анализа электрических машин, которые считаются пригодными для использования в ветряных электростанциях, известно, что они различаются как по типам, так и по конструкции. В настоящее время в ветроэнергетических установках используются генераторы трех типов - постоянного тока, синхронные и асинхронные. Сравнивая преимущества и недостатки этих генераторов, становится ясно, что ветряные двигатели, разработанные разными компаниями в разных странах, в основном используют два типа генераторов – синхронные и асинхронные генераторы [4, 6].

Хотя асинхронные генераторы имеют более простую конструкцию, ранее они использовались реже из-за отсутствия небольших геометрических конденсаторных батарей. Эти конденсаторные батареи компенсируют реактивную мощность генератора. В настоящее время эта проблема решена созданием компактных конденсаторов и новых систем стабилизации напряжения [2, 3, 6]. Вопросы моделирования следует учитывать при исследовании работы ветряной электрической установки, работающих в большой энергосистеме, с целью ослабления режимов пуска, торможения, а также колебаний (биений, изменений) выходной мощности. Математическая модель на основе асинхронной машины позволяет оценить взаимодействие таких ветряных электрических установок с электросетью. При проектировании необходимо учитывать оценку статических и динамических режимов ветреной электрической установки и ее подключения к электросети.

В настоящее время разработаны стандартные методы оценки статических режимов ветреной электрической установки и ее работы совместно с сетью. Однако есть режимы, такие как режимы переключения, которые нельзя оценить стандартными методами, и поэтому они требуют использования соответствующих динамических моделей ветряной электрической установки в сети. Понятно, что такая модель объединяет электросеть, трансформатор, линию и ветреную электрическую установку, построенную на базе асинхронной машины (рисунок 1).

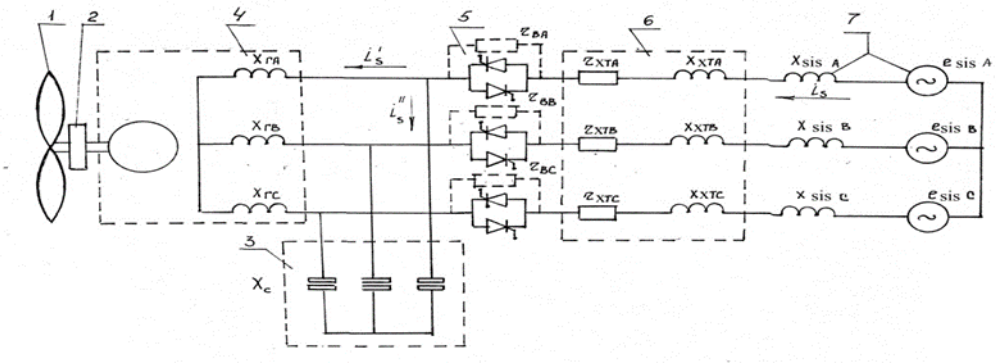


Рис. Схема ветряной электрической установки

Сама ветряная электрическая установка создает представление о сложной системе взаимодействий, и ее уравнения записываются в виде системы уравнений относительно осей α, β, 0, которые не перемещаются в пространстве [2,3,6]. Система уравнений, описывающих динамические процессы ветреной электрической установки с асинхронным генератором, работающей в энергосистеме, имеет следующий вид:

$$
\begin{aligned}
&p\Psi_{s\alpha} = U_{s\alpha} - r_s i'_{s\alpha}; && i'_{s\alpha} = k'_{\alpha s}\cdot\Psi_{s\alpha} + k'_{\alpha sr}\cdot\Psi_{r\alpha};\\
&p\Psi_{s\beta} = U_{s\beta} - r_s i'_{s\beta}; && i'_{s\beta} = k_{\alpha s}\cdot\Psi_{s\beta} + k'\\
&p\Psi_{r\alpha} = -\Psi_{r\beta}\cdot\omega_r - r_r i_{r\alpha}; && i_{r\alpha} = k'_{\alpha r}\cdot\Psi_{r\alpha} + k'_{\alpha sr}\cdot\Psi_{s\alpha};\\
&p\Psi_{r\beta} = \Psi_{r\alpha}\cdot\omega_r - r_r i_{r\beta}; && i_{r\beta} = k'_{\alpha r}\cdot\Psi_{r\beta} + k'_{\alpha sr}\cdot\Psi_{s\beta};\\
&T_j p\omega_r = M_{kM} - M_{EM}; && M_{kM} = \Psi_{r\alpha}\cdot i_{r\beta} - \Psi_{r\beta}\cdot i_{r\alpha};
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

где $U_{s\alpha}$, $U_{s\beta}$, $i'_{s\alpha}$, $i'_{s\beta}$, $i_{r\alpha}$, $i_{r\beta}$, $\Psi_{s\alpha}$, $\Psi_{s\beta}$, $\Psi_{r\alpha}$, $\Psi_{r\beta}$ - напряжения, токи и магнитные потоки статора и ротора по осям α, β соответственно. r_s, r_r – активные сопротивления статора и ротора; M_{kM} - крутящий момент ветрового двигателя; M_{EM} – электромагнитный момент асинхронной машины; T_j - время разгона скольжения от S = 1 до S = 0.

Уравнения трансформатора и линии электропередачи, статических конденсаторных батарей записываются в системе координат α и β следующим образом:

Для трансформатора и линии:

$$
\begin{aligned}
e_{s\alpha} - U_{s\alpha} &= (R_{Ak} + r_{xT})\cdot i_{s\alpha} + (x_{xT} + x_{sis})\cdot p i_{s\alpha}\\
e_{s\beta} - U_{s\beta} &= (R_{Ak} + r_{xT})\cdot i_{s\beta} + (x_{xT} + x_{sis})\cdot p i_{s\beta}
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

Для статических конденсаторных батарей:

$$
\begin{aligned}
pU_{s\alpha} &= x_c\cdot i''_{s\alpha}\\
pU_{s\beta} &= x_c\cdot i''_{s\beta}
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

где $k'_{\alpha s} = \frac{x_s}{\triangle_4}$; $k'_{\alpha r} = \frac{x_r}{\triangle_4}$; $k'_{sr} = \frac{x_m}{\triangle_4}$; $\triangle_4 = x_s\cdot x_r - x_m^2$ – определяется так.

$i'_{s\alpha}$, $i_{s\beta}$ – скопления тока, протекающего через обмотку статора асинхронного генератора;

$i_r''_s\alpha$, $i''_{s\beta}$ – проекции вектора тока, протекающего по статическим конденсаторным батареям;

x_s, x_r, x_m – взаимные индуктивные сопротивления между статором, ротором и контурами статора и ротора;

R_{Ak} ,r_{xt} ,x_{xt} – активное и индуктивное сопротивления асинхронной машины, линии и системы;

e_{sis} ,x_{sis} – э.д.с. и индуктивное сопротивление системы.

Токи в этом случае определяется как.

$$i_{s\alpha} = i'_{s\alpha} + i''_{s\alpha}$$
$$i_{s\beta} = i'_{s\beta} + i''_{s\beta}$$

Решение данной системы уравнений представляет значительную трудность, их необходимо решать на ЭВМ или в «MATLAB». Для проведения исследований в MATLAB необходимо составить блок-схему блока управления с использованием отдельных элементов схемы - то есть пускового блока ветреной электрической установки и ротора ветреной электрической установки на заданной скорости. Оценка проявляется при экспериментальном изучении режимов работы ветреной электрической установки.

Источники

1. Безруких П.П. Ветроэнергетика. М.: Интехэнерго – издат, Теплоэнергетик, 2014, 304с.

2. Выбор оптимального генератора для ветроустановки [Электронный ресурс] // интернет-сайт URL. http// research-journal.org. /texnikal /vybor-optimalnogo-generatora-dlya vetroustanovki/

3. Həşimova A.R., Ələkbərova T.S. Asinxron generatorlu KEQ-in iş rejimlərinin tədqiqi. SDU, “Elmi xəbərlər” №3, Sumqayıt-2003,səh.89.

4. Никишин А.Ю., Казаков В.П. Современное ВЭУ на базе асинхронных машин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. №6.

5. Mustafayev R.İ., Həşimova A.R. Şəbəkə gərginliyini tənzimləməklə işə buraxmada və tənzimləmədə asinxron generatorlu külək elektrik qurğusunun dinamiki xarakteristikaları. Bakı, Energetikanın problemləriə. 2001. №3. səh.27.

6. Həşimova A.R., Hacıbalayev N.M. Külək elektrik qurğusunun statiki iş rejimlərinin tədqiqi. Sumqayıt, SDU, Elmi xəbərlər, Cild 20. 2020. №4. səh.91-94.

УДК 621.311.42

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 35/6(10) КВ

Галяутдинова Алсу Ренатовна[1], Ившин Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]Alsu296@ya.ru, [2]ivshini@mail.ru

Аннотация: Проблема надежности системы электроснабжения в современном мире является одним из главных аспектов обеспечения энергетической безопасности. Применение системы планово-предупредительных ремонтов для поддержания оборудования в работоспособном состоянии становится затратным и неэффективным. Создание системы мониторинга с алгоритмом определения коэффициента экспресс-анализа трансформаторной подстанции в режиме реального времени являются актуальной задачей на сегодняшний день.

Ключевые слова: алгоритм, коэффициент экспресс-анализа, трансформаторная подстанция, онлайн оценка, техническое состояние, оборудование, эффективность.

ALGORITHM FOR DETERMINING THE FACTOR OF EXPRESS ANALYSIS OF TRANSFORMER SUBSTATION 35/6 (10) KV

Galyautdinova Alsu Renatovna[1], Ivshin Igor Vladimirovich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]Alsu296@ya.ru, [2]ivshini@mail.ru

Abstract: *The problem of the reliability of the power supply system in the modern world is one of the main aspects of ensuring energy security. The use of a preventive maintenance system to maintain equipment in working order becomes costly and ineffective. The creation of a monitoring system with an algorithm for determining the coefficient of express analysis of a transformer substation in real time is an urgent task today.*

Key words: *algorithm, express analysis coefficient, transformer substation, online assessment, technical condition, equipment, efficiency.*

В процессе эксплуатации под воздействием различных факторов, условий и режимов работы исходное состояние оборудования непрерывно ухудшается, снижается эксплуатационная надежность и увеличивается вероятность возникновения отказов. Использование системы планово-предупредительных ремонтов для поддержания необходимой эксплуатационной готовности оборудования становится неэффективным [1]. Разработка алгоритма определения коэффициента экспресс-анализа (КЭА) всей трансформаторной подстанции (ТП) 35/6(10) кВ обеспечивает

процесс удаленного наблюдения и контроль состояния действующего оборудования, прогнозирования изменения технического состояния на основе собранных данных.

На основании методики онлайн оценки технического состояния ТП[2] разработаны алгоритмы расчета КЭА для каждого элемента подстанции и всей трансформаторной подстанции. КЭА каждого элемента (трансформатора, высоковольтного выключателя, разъединителя, ОПН, кабельных линий 6 кВ) ТП рассчитывается индивидуально по выбранным параметрам. Каждый измеренный параметр технического состояния оценивается в соответствии с балльной шкалой оценки отклонения фактических значений от предельно-допустимых. Присваивается весовой коэффициент каждому параметру по важности. Для определения весовых коэффициентов применяется метод Саати. Итоговый КЭА определяется по способу соединения элементов ТП. Расчет совокупного КЭА основного технологического оборудования осуществляется по группам (*КЭА Г1* и *КЭА Г2*), по формулам (1) и (2):

$$КЭА\ Г1 = \sum(КЭА_{Э1} \times В_{Э1}) \quad (1)$$

где $КЭА_{Э1}$ – КЭА элемента, входящего в оцениваемую 1 группу подстанции;

$В_{Э1}$ – весовой коэффициент каждого элемента группы.

$$КЭА\ Г2 = \sum(КЭА_{Э2} \times В_{Э2}) \quad (2)$$

где $КЭА_{Э2}$ – КЭА элемента, входящего в оцениваемую 2 группу подстанции;

$В_{Э2}$ – весовой коэффициент каждого элемента группы;

КЭА Г1 и *КЭА Г2* – первая и вторая линия трансформаторной подстанции.

Рассмотрим алгоритм определения КЭА разъединителя. Диагностируемым параметром разъединителя является температура фаз. Температура фаз определяется согласно ГОСТ 8024-90 «Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний» [3]. Бальная шкала оценки отклонения фактического значения параметра от предельно допустимого представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Бальная шкала.

Заключение	Температура фаз	Бальная шкала
Нормальное состояние	$t \leq 75$ и/или $(T-T_{возд}) \leq 40$	4
Аварийный дефект	$t \geq 75$ и/или $(T-T_{возд}) \geq 40$	0

В данном случае КЭА будет равен либо 0, либо 100. Весовой коэффициент будет равным 1. На рис. 1 представлены получаемые данные от датчиков WDM-T и алгоритм определения КЭА разъединителя показан на рис.2.

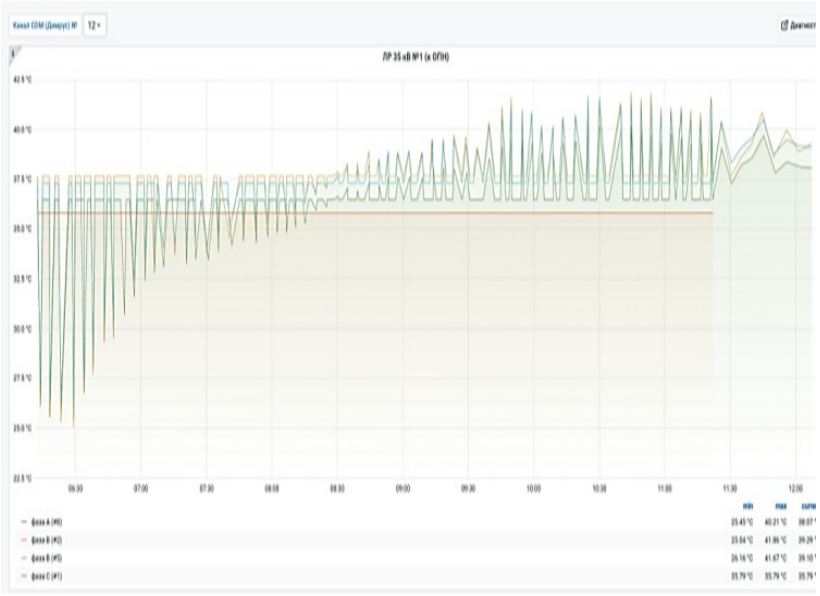


Рис.1. Получаемые данные от датчиков WDM-T

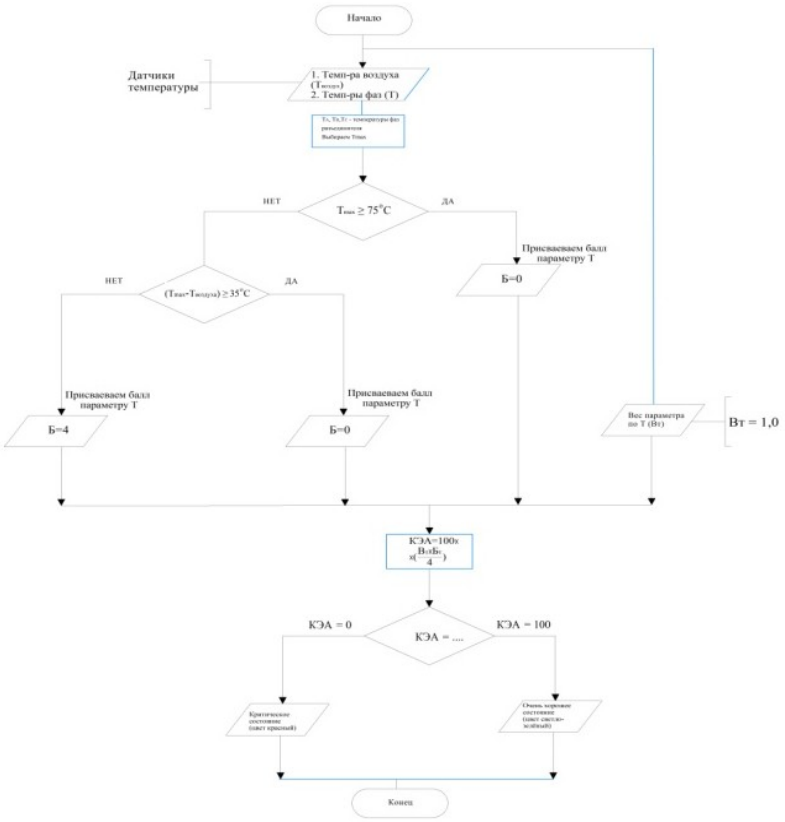


Рис. 2. Алгоритм определения КЭА разъединителя

Таким образом, разработан алгоритм определения КЭА и представлен расчет КЭА одного из оборудования – разъединителя. Алгоритм определения КЭА другого технологического оборудования ТП аналогичен [4]. Разработанная система мониторинга с алгоритмом определения КЭА ТП 35/6(10) кВ позволяют проводить дистанционное обследование в процессе эксплуатации, сократить время восстановления отказавших элементов, поддерживать оборудование в работоспособном состоянии. Система позволяет более эффективно эксплуатировать энергетическое оборудование подстанции и перейти к организации технического обслуживания и ремонта основного электротехнического оборудования ТП по фактическому состоянию.

Источники

1. Ившин И.В., Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф. Оценка работоспособности трансформаторной подстанции по результатам экспресс-мониторинга ее элементов // Сборник материалов VI Национальной научно-практической конференции Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве, Казань, 10-11 декабря 2020 г., Казань, 2020. Т. 2. С.33-35.

2. Ившин И.В., Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф. Система мониторинга и экспресс-анализа основного оборудования трансформаторной подстанции 35/6(10) кВ // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия Технические науки и технологии, №1 (134)/2021 – С. 100-106.

3. ГОСТ 8024-90 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний. [Текст]. - Введ. 1991.01.01. - М.: Издательство стандартов, 1990. – С. 10.

4. Rozhentcova N.V., Galyautdinova A.R., Khayaliev R. A. et al. Automated Diagnostic System for Power Transformers using a QR Code // International Journal of Technology. 2020. Vol. 11(8). pp. 1519-1527.

УДК 621.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ СЕТЕЙ 6(10) КВ ПОД РАБОЧИМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Еникеева Эльза Рашитовна[1], Гилязиева Эльза Альбертовна[2],
[1,2]ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт»,
г. Альметьевск, Россия
[1]elza.enikeeva@mail.ru, [2]Gilyazieva.elza.1999@gmail.com

Аннотация: Важными элементами СЭС нефтегазодобывающих предприятий являются линии электропередач напряжением 6(10) кВ. В статье рассматривался микропроцессорный интеллектуальный комплекс, предназначен для непрерывного контроля сопротивления изоляции в сетях 6(10) кВ. Были проведены исследования типового трансформатора типа ТЗЛ в области малых первичных токов, а также приведены сделанные выводы.

Ключевые слова: электрооборудование, микропроцессорный комплекс, надежность электроснабжения

INTELLIGENT COMPLEX FOR CONTINUOUS MONITORING OF THE STATE OF INSULATION OF 6(10) KV NETWORKS UNDER OPERATING VOLTAGE

Enikeeva Elsa Rashitovna[1], Gilyazieva Elsa Albertovna[2]
[1.2] GBOU VO « Almetyevsk State Oil Institute», Almetyevsk, Russia
[1]elza.enikeeva@mail.ru, [2]Gilyazieva.elza.1999@gmail.com

Abstract: *Power transmission lines with a voltage of 6 (10) kV are important elements of the SES of oil and gas producing enterprises. The article considered a microprocessor intelligent complex designed for continuous monitoring of insulation resistance in networks of 6(10) kV. Studies of a typical transformer of the TZL type in the field of small primary currents were carried out, and the conclusions made were also presented.*

Keywords: *electrical equipment, microprocessor complex, reliability of power supply.*

Многие нефтяные месторождения России, в частности, месторождения Волго-Камского региона, разрабатываются с 50-х годов прошлого столетия. За это время оборудование энергохозяйств нефтегазодобывающих предприятий выработало свой ресурс и нуждается в постоянном обслуживании. Проблема диагностики и ремонта обостряется тем, что в последнее время замедлилось плановое обновление электрооборудования. Существующая система технического

обслуживания и ремонта [1, 3], основывающаяся на планово-предупредительных ремонтах, не в полной мере отвечает требованиям должной мере применять современную технику, оптимально использовать финансовые и материально-технические средства. Возникла необходимость совершенствования стратегии технического обслуживания и ремонта, выработки новых решений при выборе видов, объемов и периодически тех или иных видов обслуживаний, а также предупреждения непредвиденных аварийных ситуаций в работе электрооборудования [2, 4].

Важными элементами системы энергоснабжения нефтегазодобывающих предприятий и одновременно эксплуатирующимися в наиболее тяжелых условиях элементами системы являются линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 6–10 кВ, выключатели и силовые трансформаторы устройств распределения электрической энергии. Очевидно, что вероятность перебоев в подаче электрической энергии находится в прямой зависимости от состояния этих элементов СЭС НГДУ. Снизить количество аварийных отключений и повысить надежность энергоснабжения поможет микропроцессорный интеллектуальный комплекс, предназначен для непрерывного контроля сопротивления изоляции в сетях 6 (10) кВ.

Комплекс состоит из микропроцессорного терминала, измерительной вставки(ВИ) и датчиков тока фидеров (ДТФ). Схема подключений элементов приведена на рисунок.

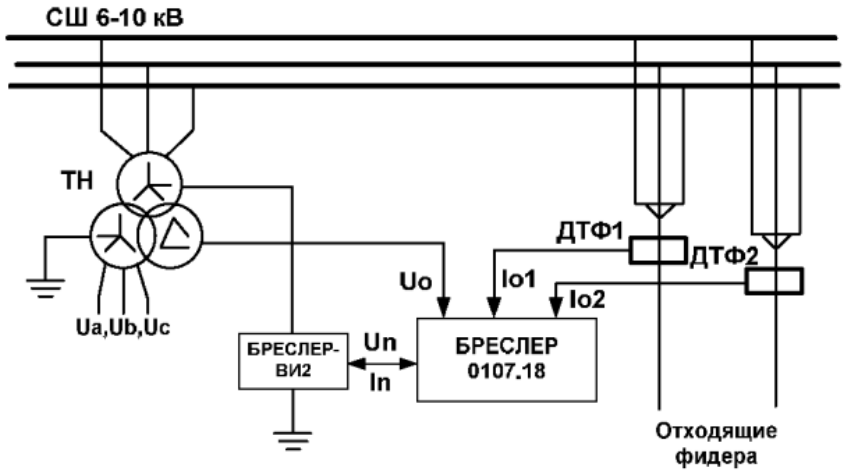


Схема подключения элементов комплекса

Защита от замыканий на землю реализуется одним из трех способов:

По напряжению нулевой последовательности;

По току нулевой последовательности;

По току, напряжению и взаимному направлению тока и напряжения нулевой последовательности(направленная).

Два последних способа позволяет определить поврежденный фидер, следовательно устройство может действовать не только на сигнализацию, но и на отключение поврежденного фидера [4].

Качество функций определения фидера со сниженной изоляцией и определения поврежденного фидера при ОЗЗ во многом зависит от датчиков тока отходящих фидеров, поэтому предлагается специализированный датчик ДТФ типа «Бреслер-ДТФ70» [5].

Как показали исследования типового трансформатора типа ТЗЛ в области малых первичных токов (а именно на фоне таких токах осуществляется контроль изоляции) коэффициент трансформации и угловая погрешность сильно зависит от его нагрузки.

1. Внедряемый интеллектуальный комплекс, непрерывного контроля изоляции позволит сократить вероятность непредвиденных отказов в сетях 6(10) кВ и обеспечить повышение надежности электроснабжения.

2. Оценка совокупности единовременно получаемых параметров позволит судить о текущем состоянии оборудования и наличии развивающих дефектов.

3. Анализ эффективности работы оборудования будет производиться на основе полученной объективной, своевременной и достоверной информации, что позволит планировать техническое обслуживание и ремонт электрооборудования по его фактическому состоянию.

Источники

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования РД34.4551.30.98.6-е изд. М.: ЭНАС, 2018 г.

2. Типовая инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем. -М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2019.

3. Техническое описание и руководство по эксплуатации Б 6.0106.04. ТО.

4. Еникеева Э.Р., Муравьева Е.А Интеллектуальная система сигнализации и противоаварийной защиты технологических объектов. //В сборнике: Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 419-423.

5. Еникеева Э.Р., Чернявская И.А. Оптимизация алгоритма управления АВР подстанции с целью снижения затрат на электроэнергию. //Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2018. Т. 17. С. 201-203.

УДК 621.311.1

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6-10 КВ

Губаев Дамир Фатыхович [1], Губаева Ольга Германовна [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*d-gubaev@mail.ru,* [2]*mr.gubaev@mail.ru*

Аннотация. Приведен статистический анализ повреждаемости кабельных линий 6-10 кВ Сделаны выводы.

Ключевые слова: кабельные линии, техническое обслуживание и ремонт, оценка текущего состояния, статистика аварийности, удельная повреждаемость.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF FAILURES IN ELECTRIC NETWORKS 6-10 KV

Gubaev Damir Fatihovich, Gubaeva Olga Germanovna
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*d-gubaev@mail.ru,* [2]*mr.gubaev@mail.ru*

Abstract: *A statistical analysis of the damageability of 6-10 kV cable lines is presented. Conclusions are made.*

Key words*: cable lines, maintenance and repair, assessment of the current state, accident rate statistics, specific damage rate.*

Актуальным направлением обеспечения надежности и эффективности управления активами городских электрических сетей (далее – ГЭС) и в частности одним из важнейших ее элементов - кабельными линиями (далее – КЛ) 6-10 кВ является совершенствование процесса эксплуатации [1, с.92].

Безотказная работа КЛ базируется на следующих основных положениях: выполнение требований нормативных документов; непрерывная оценка текущего состояния, в том числе с использованием ГИС и информацией доставляемой с темпом SCADA-системой; осмотров; испытаний, внедрением системы диагностики и мониторинга с переходом на технологии ремонтов, обслуживания и планирования развития по состоянию; сбор и анализ статистики повреждаемости КЛ; внедрением концепции *Smart Grid* и сетевого резервирования, эффективности защиты

сетей от перенапряжений и правильной работы устройств релейной защиты и автоматики (далее – РЗА).

В перспективе, с развитием интеллектуальных цифровых технологий надежность работы ГЭС будут обеспечиваться посредством использования системы мониторинга переходных режимов на основе WAMS.

В настоящее время все формы мониторинга и диагностики нуждаются в совершенствовании – это позволит максимально достоверно определять техническое состояние, выявлять дефекты на ранней стадии и прогнозировать тенденцию их развития, учитывать индивидуально для каждой КЛ комплексное воздействие факторов, условий и режимов работы, планировать действия по обеспечению надежности [2, с.219]. При этом затраты на применение автоматизированных методов мониторинга, средств неразрушающего контроля и диагностики должны окупаться достигаемым от их применения эффектом, в том числе, снижением: средней продолжительности отключения SAIDI и средней частоты отключений SAIFI, а также снижением затрат на аварийный ремонт и оперативное и техническое обслуживание сетей. Для проведения расчета аварийных ситуаций в кабельных и воздушных линиях 6-10 кВ были созданы программы для ЭВМ, на которые были получены авторские свидетельства [3], [4], [5]. Одним из критериев эффективности работы персонала эксплуатирующего КЛ является количество аварийных отключений. КЛ. По сведениям НЧЭС по отключениям КЛ 6-10кВ за 2010-2014 выполнен анализ аварийности. Статистика аварийности КЛ 6-10 кВ за 2010-2014 в абсолютных величинах и в процентном соотношении представлены в таблице.

Аварийные отключения за период 2010 – 2014

	2010		2011		2012		2013		2014		итого	
Место и характер повреждения	Кол-во		Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Целое место	16	64	19	49	23	74	20	80	6	26	84	58,7
Несанкционированные раскопки	3	12	5	13	7	23	1	4	4	17	20	13,9
Соединительная муфта	2	8	11	28	0	0	0	0	1	4	14	9,70
Концевая муфта	2	8	4	10	1	3	2	8	8	36	17	11,88
Повреждения у потребителя	1	4	0	0	0	0	2	8	0	0	3	2,52
Не установлено	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.30
всего	25	100	39	100	31	100	25	100	23	100	143	100

Основными причинами повреждений КЛ явились: электрические пробои в «целом месте» 58,7 %; в «соединительных муфтах» 9,7 %; «механические повреждения» при производстве земляных работ сторонними организациями 13,9 %; пробой изоляции в «концевых» и «мачтовых» муфтах 11,88 %. Удельная повреждаемость КЛ 6-10 кВ составила - 8,7 (1/100 км).

Общее количество повреждений КЛ 6-10 кВ за 2010-2014 в абсолютных величинах составило-143 (в среднем 28,6 отключений в год). Для оценки общей динамики повреждений КЛ 6-10 кD дополнительно проанализирована аварийность за 2000 год. Общее количество отключений КЛ 6-10 кВ за 2000год. в абсолютных величинах составило всего – 63. Средний показатель повреждений КЛ 6-10 кВ за 2010-2014 составило всего 28,6 в год, что в 2,2 раз меньше по сравнению с 2000, т.е. имеется явно положительная динамика по снижению аварийных отключений.

Исследуя исходные материалы на предмет зависимости длительности эксплуатации КЛ и их аварийности за отчетный период, установлено, что 60% КЛ превысили нормативный 25-летний срок эксплуатации, из них 15% эксплуатируются свыше 40 лет.

Причинами снижения аварийности КЛ 6-10 кВ с 2010 по 2014 по сравнению с 2000годом. следует отметить факт массового применения при ремонтах инновационных термоусаживаемых муфт (как показала практика они практически не повреждаются в эксплуатации), своевременность профилактических испытаний кабелей в соответствии с «Объемом и нормами испытаний электрооборудования РД 34.45-51.300-97», внедрением ДГР, а также общим возросшим уровнем организации эксплуатации КЛ персоналом предприятия.

Для полноты анализа аварийности КЛ была произведена выборочная проверка поврежденных в «целом месте» кабелей за 2010-2014 на предмет соответствия термической стойкости к токам короткого замыкания. Расчет показал, что на некоторых головных КЛ питающихся от подстанций 110/6(10) кВ сечения кабелей занижены и не проходят по термической стойкости. В связи с этим, необходимо выполнить расчеты по термической стойкости всех КЛ 6-10кв, а также пересмотреть уставки срабатывания токовых защит РЗА отходящих фидеров центров питания.

Источники

1. Губаева О.Г., Зацаринная Ю.Н., Губаев Д. Ф. Анализ опыта эксплуатации кабельных сетей напряжением 6-35 кв с целью повышения эффективности работы объектов электрической системы // Труды Академэнерго, 2018. №2. С. 91-97

2. Губаева О.Г., Губаев Д. Ф. Моделирование переходных процессов при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью //Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом и жилищно-коммунальном хозяйстве: сб.тр. III Поволжской научно-практ. конф. Казань, 2017. С. 218–221.

3. Губаева О.Г., Губаев Д.Ф. Свидетельство № 2018615954 о государственной регистрации программы для ЭВМ «Расчет перенапряжений при однофазном замыкании на землю в кабельных сетях 6-10 кВ»: № 2018612763: заявл. 23.03.2018: опубл. 18.05.2018.

4. Губаева О.Г., Губаев Д.Ф. Свидетельство № 2018664199 о государственной регистрации программы для ЭВМ «Расчет перенапряжений при однофазном замыкании на землю на воздушных линиях электропередач в сети 6-10 кВ с компенсированной нейтралью»: № 2018661098: заявл. 11.10.2018: опубл. 13.11.2018.

5. Губаева О.Г., Губаев Д.Ф. Свидетельство № 2018663431 о государственной регистрации программы для ЭВМ «Расчет перенапряжений при однофазном замыкании на землю на воздушных линиях электропередач в сети 6-10 кВ с изолированной нейтралью»: № 2018661120: заявл. 11.10.2018: опубл. 26.10.2018.

УДК 681.586.78

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕКТОРНОГО ИНВЕРТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Доан Нгок Ши
[1]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
ngocsynd@gmail.com

Аннотация: в данной статье обсуждается алгоритм широтно-импульсной модуляции пространственно-вектора двухуровневого 3-фазного инвертора, работающего в режиме недостаточной модуляции. Генерация гармоник при использовании силовых переключателей отрицательно сказывается на электромагнитной совместимости. Развертывание практической модели, основанной на микропроцессоре *Arduino Mega*, для проверки эффективности системы, измерения процента общих гармонических искажений (THD), а затем предложения плана повышения эффективности работы, улучшения качества электроэнергии подаваемой на двигатель.

Ключевые слова: Инвертор, двигатель, гармоник, пространственно-векторная ШИМ.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A VECTOR INVERTER TO CONTROL ASYNCHRONOUS MOTOR

Doan Ngoc Shi
[1]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
ngocsynd@gmail.com

***Abstract**: this article discusses the algorithm for pulse-width modulation of the space-vector of a two-level 3-phase inverter operating in the undermodulation mode. The generation of harmonics when using power switches has a negative effect on electromagnetic compatibility. Deploying a practical model based on the Arduino Mega microprocessor to test the efficiency of the system, measure the percentage of total harmonic distortion (THD), and then propose a plan to improve the efficiency of operation, improve the quality of the power supplied to the motor.*

***Key words**: Inverter, motor, harmonics, space-vector PWM.*

Сегодня инверторы с трехфазным источником напряжения (*VSI*) широко используются в промышленных системах электроснабжения и дают хорошее представление об их эффективности и удобстве использования на практике [1, С.1]. За последнее десятилетие растет интерес к управлению VSI на основе алгоритма пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция (*SVPWM*) для управления электрическими системами. *SVPWM* - это метод ШИМ, управляемый микропроцессором, который применяется в промышленности для эффективного использования напряжения постоянного тока, низких

потерь переключения, а также низкой вычислительной сложности и высокой гибкости [2, С.3.].

Чтобы рассмотреть работу двигателя, мы построим вектор вращения в пространстве плоскости, называемый вектором опорного напряжения $\vec{V}_{\text{ref}}$. Опорный вектор может быть разложен на два составляющих вектора, которые лежат на двух смежных фундаментальных векторах и двух нулевых векторах в начале координат. Для того, чтобы сделать его более ясным, мы рассмотрим вектор опорного напряжения, когда он находится в секторе 1. Тогда векторы $\vec{V}_{\text{ref}}$ и векторы $\vec{V}_1, \vec{V}_2$ показаны на рисунке 1.

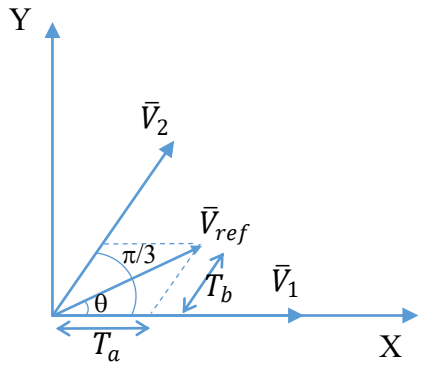


Рис. 1. График вектора опорного напряжения модуляции в секторе 1

Из сектора 1, легко определить параметры, когда опорный вектор находится в остальных секторах и согласно [3, с.4], [4, с.12] мы имеем следующую общую формулу:

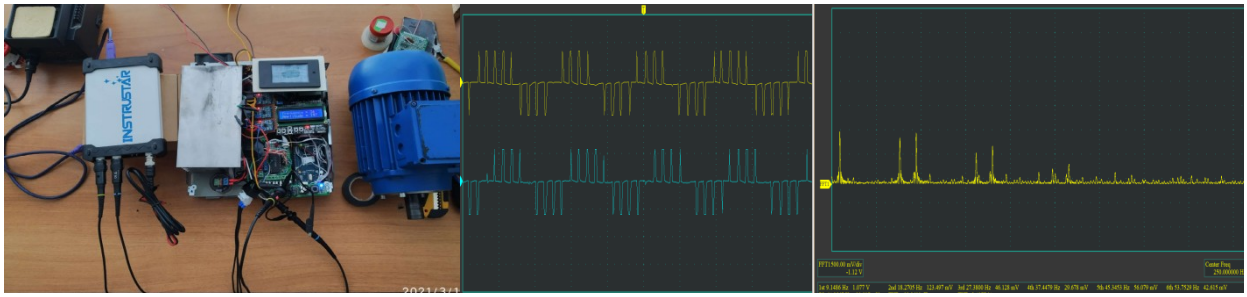
$$\mathrm{T}_a = \frac{2\mathrm{m}}{\sqrt{3}} \mathrm{T}_s \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta + \frac{(n-1)\pi}{3}\right) \quad (1)$$

$$\mathrm{T}_b = \frac{2\mathrm{m}}{\sqrt{3}} \mathrm{T}_s \sin\left(\theta - \frac{(n-1)\pi}{3}\right) \quad (2)$$

$$\mathrm{T}_0 = \mathrm{T}_s - (\mathrm{T}_a + \mathrm{T}_b) \quad (3)$$

Из (1), (2) и (3) определяем время работы переключателей в каждом цикле дискретизации Ts из 6 секторов. В этой статье автор выбирает максимальное количество времени переключения вектора опорного напряжения в секторе, чтобы быть в 180 раз, соответствующий углу минимального переключения 1/3 градусов. С частотой переключения вектора 20 кГц частота минимальная мощность подается на двигатель 20000/180/6 ≈ 19 Гц. Алгоритм модуляции SVPWM реализован на прерывания 16-битного таймера. Счетчик настроен на формирование

симметричных треугольных импульсов, которые делают частоту переключения равной удвоенной частоте дискретизации, уменьшая количество переключений, тем самым уменьшая потери переключения и уменьшая гармоники высокого порядка [5, С.5, 6]. Чтобы минимизировать вычисление алгоритма управления, мы используем таблицу поискового параметра Tb со 180 различными фазовыми углами вектора напряжения. Чтобы проверить и и продемонстрировать осуществимости на практике была разработана модель, показанная на рисунке 2a. С помощью цифрового осциллографа ISDS205B и программного обеспечения MultiVirAnalyzer мы измерили формы сигналов напряжения и тока, а также амплитуду гармоник на выходе инвертора.



a b c

Рис 2. Модель инвертора *SVPWM*(a), формы волны (b) и гармоники (c).

Испытание показывает, что когда скорость двигателя регулируется на низкой частоте, форма волны однородна и циклически одинакова, что указывает на то, что общий гармонический ток (*THD*) невелик на низкой частоте. Это значение увеличивается с увеличением частоты управляющего напряжения, подаваемого на двигатель. В статье от теории к практике построена методологическая основа для разработки векторного инвертора с широтно-импульсной модуляцией, управляемого модулем *Aduino*. В процессе исследования мы также сравнили и оценили оптимальные параметры полного гармонического искажения (*THD*), рассеивания при переключении, чтобы построить планы развития инверторов *SVPWM*, более полные в следующих версиях.

Источники

1. Asma S., Bibi Hajira, Implementation of Different Methods of Space Vector Pulse Width Modulation (PWM) - A Survey // Int. J. Innov. Res. Sci. Technol. 2017. Т. 3, № 9. С. 73–81.

2. Сергеевич К. С., Обзор и результаты исследований гармонического состава // Известия высших учебных заведений. проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 27–42.

3. W. Chao, G. Qiang, and T. Jing, An Implementation Method of SVPWM Modulation Algorithm // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2019, vol. 646, no. 1.

4. G. Abdalrahman, O. H. Abdalla, M. I. Jibril, and A. A. Awad // Space Vector Pulse Width Modulation Technique Applied to Two Level Voltage Source Inverter// SUST J. Eng. Comput. Sci., 2018. vol. 1. no. 2. pp. 10–17.

5. Коротков А. А., Виноградов А. Б., Новый алгоритм векторного формирования ШИМ высоковольтного преобразователя с минимизацией коммутационных потерь // Вестник ИГЭУ. 2013. Т. 4. С. 1–7.

УДК 621.315.23

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6-10 кВ

Дуров Максим Анатольевич [1], Губаева Ольга Германовна [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
[1]durov_m@mail.ru, [2]mr.gubaev@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены диагностические методы определения состояний кабельных линий 6–10 кВ.
Ключевые слова: кабельные линии, изоляция, методы диагностирования.

DIAGNOSTIC METHODS FOR DETERMINING THE CONDITIONS OF 6-10 kV CABLE LINES

Maxim Anatolevich Durov[1],Olga Germanovna Gubaeva[2]
[1,2]FGBOU VO «KGEU», Kazan, Russia
[1]durov_m@mail.ru, [2]mr.gubaev@mail.ru

Abstract: *The article discusses diagnostic methods for determining the states of 6–10 kV cable lines.*
Keywords: *cable lines, insulation, diagnostic methods.*

Эксплуатация кабельных линий сопровождается влиянию различных негативных факторов. Износ изоляции силовых кабелей, в результате длительного воздействия факторов эксплуатации, может привести к пробою кабелей при возникновении аварийных перегрузок или даже в режиме систематических перегрузок.

Для того чтобы оценить состояние изоляции силовых кабелей, в условиях эксплуатации, используются разрушающие и неразрушающие методы [1].

Разрушающие методы диагностики состояния кабельных линий – это методы, позволяют получить информацию о текущем состоянии изоляции кабелей, но они приводят к их повреждению и сокращению срока службы [2].

Неразрушающие методы диагностики – это методы, которые основаны на периодическом измерении наиболее информативных характеристик изоляции, они позволяют не только получать информацию о текущем состоянии изоляции кабелей, не разрушая ее, но

и могут быть использованы для прогнозирования остаточного срока службы кабелей, которые долго используются [3].

В таблице приведены достоинства и недостатки рассматриваемых методов диагностики состояния кабельных линий.

Таблица

Сравнительный анализ методов диагностики состояния кабельных линий

Метод диагностики	**Достоинства метода**	**Недостатки метода**
Разрущающие		
Проверка повышенным напряжением	Дешевизна и простота метода	Приводит к уменьшению срок а службы кабельной линии
Проверка повышенным напряжением промышленной частоты.	Если КЛ выдерживает ис пытания, то она будет до лго и безаварий-но работать	Оборудование для проведения диагностики габаритное и дорогостоящее
Проверка импульсным напряжением.	четко определяет дефект в корпусной и ви тковой изоляции	Трудно установить, был ли пробой изоляции при испытании или нет
Неразрушающие		
Тепловизионный контроль	Возможность диагностик и в любое удобное время	При скрытой прокладке кабеля в земле или в трубах нет возможности провести визуальный осмотр
Измерение частичных разрядов	Высокая точность, позволяет определить состояние КЛ	Избыточная сложность и стоимость
Рефлектометрия	Определяет расстояние до места повреждения	Трудность анализа рефлектогр амм, отсутствие возможности классифицировать дефекты

На основе сравнительного анализа можно выделить наиболее оптимальный метод диагностики кабельных линий. Основываясь на данных таблицы, это метод тепловизионного контроля. Диагностика состояния кабельных линий осуществляется с помощью специального устройства – тепловизора.

Тепловизор – это прибор, который используется для получения теплового изображения в инфракрасной области спектра без непосредственного контакта с рассматриваемым оборудованием.



Использование неразрушающих методов диагностики позволяет не только получать информацию о текущем состоянии изоляции, не разрушая ее, но и рационально и обоснованно планировать сроки проведения ремонтов кабельных линий.

Источники

1. Пономарев Н.В. Анализ методов диагностики состояния силовых высоковольтных кабельных линий / Н.В. Пономарев// Вестник КузГТУ. 2012. № 5(93). С. 68–71.

2. Михель А.А., Авдонин А.В., Левин Д.М. Обзор методов диагностики кабельных линий напряжений 6 и 10 кВ // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2009. № 2. С. 31–39.

3. Уразов Д.Ю. О преимуществах тепловизионного метода анализа работы электрооборудования // Вестник ВГУИТ. 2012. №3. С. 51–53.

4. Федотов А.И., Вагапов Г.В., Абдуллазянов А.Ф., Шаряпов А.М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи // «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» Том 23, № 1 (2021). С. 149.

5. Власов А.Б., Мухин Е.А., Царев Б.Д. Факторный анализ диагностической модели тепловизионного контроля электрической машины // Вестник МГТУ. 2013. № 1. С. 46–51.

УДК 621-313.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЛАНЕТАРНОГО БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Исматов Эркин Баходир угли [1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич [2],
Львова Татьяна Николаевна [3]
[1]ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
[2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1] erkin.ismatov1@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru, [3]tn.lvova@yandex.ru

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода планетарного бетоносмесителя принудительного действия. Сформированы требования к электроприводу, а также были описаны преимущества и недостатки данной технологической установки и приведена технологическая схема. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

Ключевые слова: планетарный бетоносмеситель, асинхронный двигатель, автоматический выключатель, класс изоляции обмотки.

MODERNIZATION OF PLANETARY COMPULSORY CONCRETE MIXER

Ismatov Erkin Bakhodirugli[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitovich[2],
Lvova Tatiana Nikolaevna[3]
[1] FSBEI «Kazan National Research Technological University»,
[2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]erkin.ismatov1@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru, [3]tn.lvova@yandex.ru

Abstract: *the article discusses the issues of modernization of the electric drive of the planetary concrete mixer of forced action. The requirements for the electric drive were formed, as well as the advantages and disadvantages of this technological installation were described and the technological scheme was given. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.*

Keywords*: planetary concrete mixer, asynchronous motor, circuit breaker, winding insulation class.*

В данной работе рассмотрены вопросы модернизации электропривода планетарного бетоносмесителя принудительного действия. До модернизации бетоносмеситель имел ряд недостатков:

– электропривод был не регулируемым, что снижало эффективность его работы;

– имел низкий КПД;

– сложность конструкции;

– большие вес и габариты;

– высокий уровень потребления электроэнергии.

Технологическая схема бетоносмесителя представлена на рисунке 1[1].

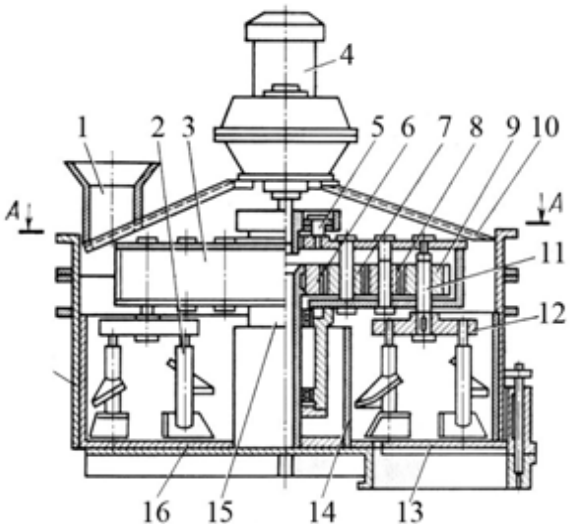


Рис. 1. Технологическая схема бетоносмесителя

1 – загрузочный патрубок; 2 – смесительные лопасти; 3 – траверса; 4 – мотор-редуктор; 5 – эластичная муфта; 6, 7, 8, 9 – планетарные шестерни; 10 – крышка; 11– лопастной вал; 12 – диск-водило лопастного вала; 13 – шибер затвора; 14 – внутренний стакан; 15 – центральная ось; 16 – донная броня; 17 – боковые стенки корпуса; 18 – пневмоцилиндр привода затвора; 19 – внешний скребок; 20 – внутренний скребок; 21 – подгребающая лопасть.

При модернизации было внедрено частотное регулирование электропривода, что позволило иметь ряд преимуществ:

– возможность мягкого пуска, что благоприятно для электрической сети и самого электропривода;

– возможность регулировать скорость вращения, возможность регулировать технологический процесс по перемешиванию бетонной смеси;

– энергосбережение за счёт регулирования скорости вращения;

– уменьшение массы бетоносмесителя.

Так как бетоносмеситель цикличного действия и работает в повторно-кратковременном режиме, необходимо подобрать электродвигатель с соответствующим режимом работы. С помощью таких параметров, как удельный коэффициент сопротивления движению лопастей в смеси, угловой частоты вращения вала и КПД привода с учетом потерь на трение по формуле, была рассчитана необходимая мощность двигателя и выбран асинхронный двигатель серии АИРС S160 с повышенным скольжением. Была подобранна защитная аппаратура, магнитные пускатели, кабели, автоматические выключатели системы.

Источники

1. http:////www.str-t.ru/spravochnik/betonosmesiteli/72/
2. Копылов И.П. Справочник по электрическим машинам / И.П. Копылов, В.Г. Клоков. – М.: Энергоиздат, 1988. – 260 с.
3. Электродвигатели АИР [Электронный ресурс]. – URL: https://megavattspb.ru/prod1-1-th.html
4. http://nasos-motor.ru/elektrodvigateli-s-povyshennym-skolzheniem/airs-160s6.html
5. http://et67.ru/katalog/airx/airs160s6

УДК 621-313.3

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДРОБЛЕНИЯ УГОЛЬНОГО КОМБАЙНА

Макаров Валерий Геннадиевич[1], Цвенгер Игорь Геннадиевич[2],
Гумиров Рафаэль Илсурович[3], Лигер Алексей Олегович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
[1,2]electroprivod@list.ru, [3]gumirov.rafael@yandex.ru, [4]herotub@gmail.com

Аннотация: описаны недостатки, с которыми в настоящее время сталкиваются эксплуатационные организации при работе угольных комбайнов. Составлена структурная схема искусственной нейронной сети для решения задачи идентификации момента сопротивления электропривода дробления угольного комбайна. Проведено моделирование структуры электропривода дробления угольного комбайна, на основании результатов которого обучена искусственная нейронная сеть. Приведены результаты исследования обучения искусственной нейронной сети различными функциями по критериям величины среднеквадратичной ошибки, количества итераций, количества скрытых слоев в искусственной нейронной сети, количества искусственных нейронов в скрытых слоях. Обоснован выбор архитектуры искусственной нейронной сети и метод обучения для решения задачи идентификации момента сопротивления электропривода дробления угольного комбайна.

Ключевые слова: угольный комбайн, электропривод дробления, статический момент, идентификация, искусственная нейронная сеть.

IDENTIFICATION OF THE MOMENT OF RESISTANCE OF THE ELECTRIC DRIVE OF CRUSHING OF A COAL COMBINE

Makarov Valeriy Gennadievich[1], Zvenger Igor Gennadievich[2], Gumirov Rafael Ilsurovich[3], Liger Aleksey Olegovich[4]
[1,2,3,4] FSBEI HE «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia
[1,2]electroprivod@list.ru, [3]gumirov.rafael@yandex.ru, [4]herotub@gmail.com

***Abstract**: the shortcomings with which the operational organizations are currently faced with the operation of coal combines are described. A structural diagram of an artificial neural network has been compiled to solve the problem of identifying the moment of resistance of an electric drive crushing a coal processor. The structure of the electric drive for crushing a coal processor was simulated, based on the results of which an artificial neural network was trained. The results of studying the training of an artificial neural network by various functions according to the criteria of the mean square error, the number of iterations, the number of hidden layers in an artificial neural network, and the number of artificial neurons in hidden layers are presented. The choice of the architecture of the artificial neural*

network and the training method for solving the problem of identifying the moment of resistance of the electric drive of crushing a coal processor are substantiated.

***Keywords**: coal processor, crushing electric drive, static moment, identification, artificial neural network.*

В настоящее время существует множество моделей угольных комбайнов, сконструированных с различными размерами и приводной мощностью. Параметры для выбора угольного комбайна для механизированной добычи угля зависят от типа выемочного комбайна, его размеров, а также скорости подачи и приводной мощности комбайна.

Принцип работы угольного комбайна состоит в том, что угольный комбайн движется вдоль забоя угольного пласта, срубая большие куски угля большим шнеком или режущим органом на которой установлено большое количество резцов. Форсунки, расположенные спереди резца известны как форсунки внешнего орошения, а сзади – форсунки для подачи воды под резец. В момент извлечения шнека из массива вода смешивается с подрубленным углем, который выгружается из шнека.

Несмотря на постоянное развитие горнодобывающей техники, при ее проектировании остается масса нерешенных проблем, связанных с особенностями работы угольного комбайна:

– резкие изменения нагрузки;

– частые пуски, в том числе под нагрузкой;

– возможность стопорения рабочего органа при встрече его с твёрдыми включениями, заштыбовки и т.п.;

– возможность функционирования в условиях нестабильности питающего напряжения;

– сложность применения эффективных методов охлаждения двигателей;

– запылённость атмосферы;

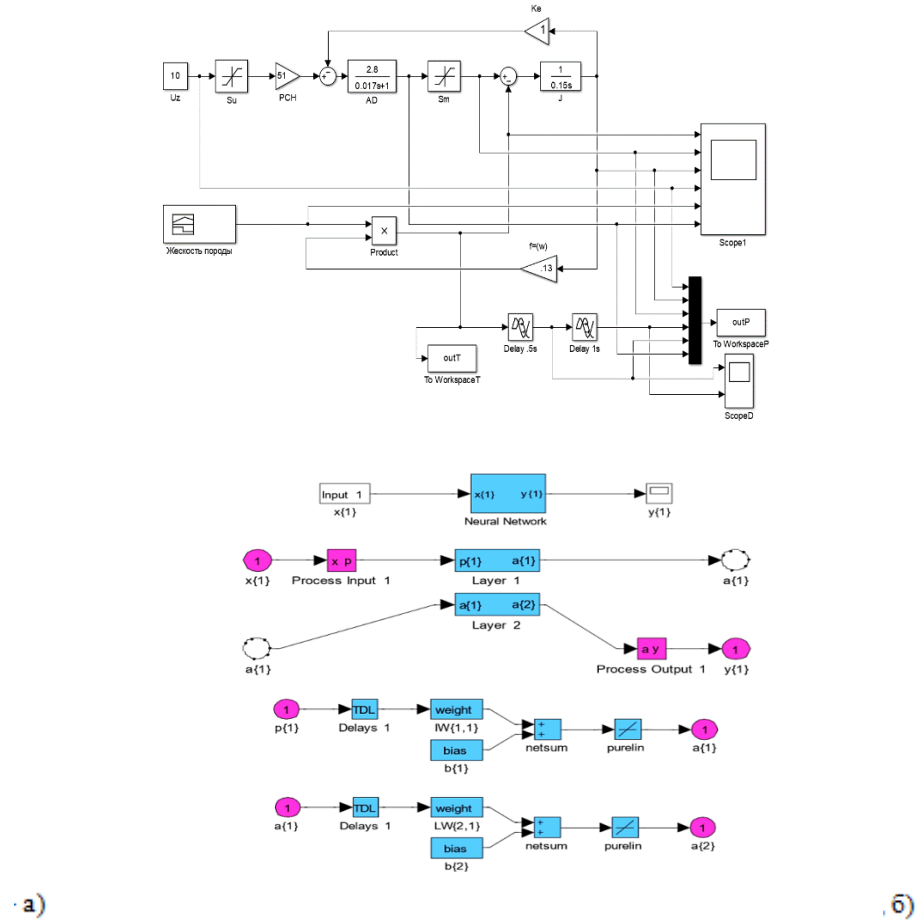
– ограниченность рабочего пространства. [1]

Одним из существенных недостатков, с которым в настоящее время сталкиваются эксплуатационные организации при работе угольных комбайнов – это регулярное изменение нагрузки на рабочем инструменте, что вызывает броски токов, напряжений, момента электродвигателя, снижает добычу горных пород и понижает ресурс рабочего инструмента. В данной работе предложен метод снижения данных негативных фактов с помощью НС. Нейронная сеть (НС) – это структура, представляющая собой совокупность соединенных и взаимодействующих между собой процессоров. [2]

Известно, что применяя НС в той или иной системе, нужно предварительно провести её обучение. Для обучения сети может быть использован любой из обучающих алгоритмов для НС. [3]

Обучение НС проводилось на основании данных о переходных процессах электропривода (ЭП) дробления угольного комбайна.

На первом этапе в программном пакете *MatLab* была составлена и реализована структурная схема ЭП дробления угольного комбайна, приведенная на рис. 1(а). [4] С помощью этой схемы проводилось обучение НС.



а) б)

Рис.1. а) Структурная схема ЭП дробления комбайна, предназначенная для обучения нейронной сети, б) Структурная схема нейронной сети

На втором этапе создавалась НС с прямой передачей сигнала с линейными слоями с функцией обучения на основе метода Левенберга-Марквардта. Функция обучения на данном этапе выбиралась на основании анализа применимости разных методов.

Структурная схема модели НС показана на рис. 1(б). [5]

На третьем этапе в целях обучения НС на её вход подавался массив данных о сигнале задания и переходных процессах по скорости, электромагнитному моменту, моменту сопротивления.

Анализ итогов обучения нейронной сети проводился исходя из величины среднеквадратичной ошибки, показывающей расхождение между ожидаемым и полученным результатами.

На четвертом этапе проводилось обучение сети в течении 100 циклов.

Качество обучения сети на выбранной обучающей последовательности поясняется на рис. 2.

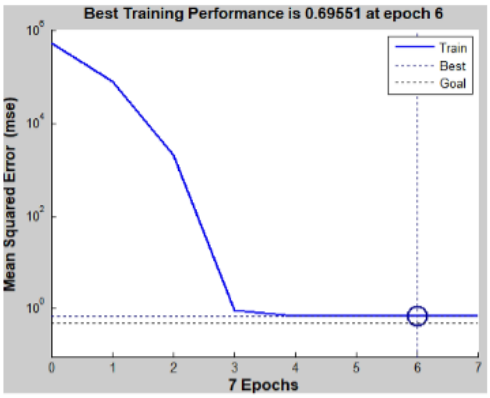


Рис.2. Изменение среднеквадратичной ошибки нейронной сети в процессе обучения

На пятом этапе проводились обучение и проверка НС на разных наборах данных, что исключает переобучение сети.

Результаты обучений нейронной сети представлены в таблице 1.

Таблица 1

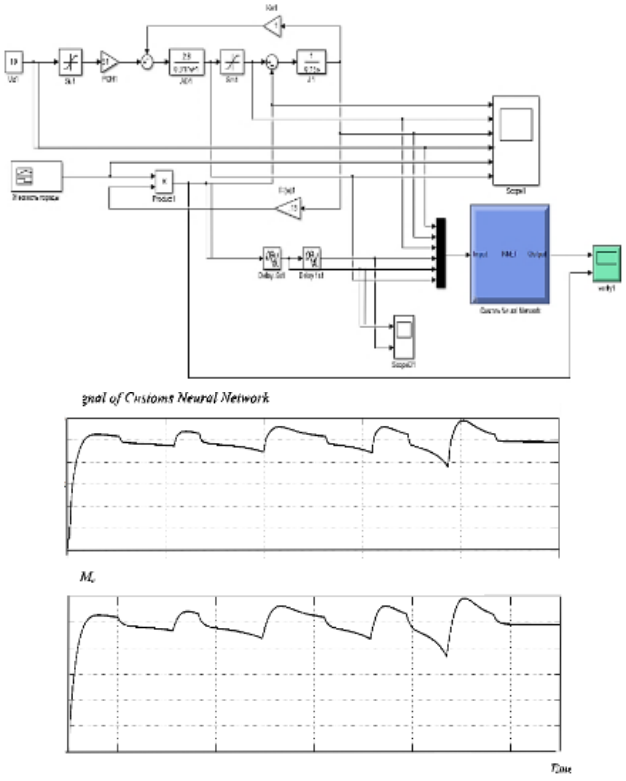
Функции обучения	*L*	Количество нейронов в скрытых слоях	Количество итераций	*mse*, %	Функции обучения	*L*	Количество нейронов в скрытых слоях	Количество итераций	*mse*, %
Метод Левенберга-Марквардта	2	7,1	6	0,696	Алгоритм упругого обратного распространения	3	7,8,1	200000	1,362
Метод Левенберга-Марквардта	3	7,8,1	13	1,482	Метод случайных приращений	2	7,1	100000	7,102
Метод градиентного спуска	2	7,1	10000	7,27	Метод случайных приращений	3	7,8,1	150000	3,564
Функции обучения	*L*	Количество нейронов в скрытых слоях	Количество итераций	*mse*, %	Функции обучения	*L*	Количество нейронов в скрытых слоях	Количество итераций	*mse*, %

Алгоритм упругого обратного распространения	2	7,1	10000	4,361	Метод градиентного спуска с адаптивным обучением	2	7,1	50000	2,123

Здесь *mse (Mean Squared Error)* – величина среднеквадратичной ошибки; *L (Layers)* – количество скрытых слоев.

Видно, что величина среднеквадратичной ошибки в результате обучения нейронной сети с прямой передачей сигнала с линейными слоями при помощи метода Левенберга-Марквардта имеет наименьшую величину и составляет 0,696 %.

Обученную нейронную сеть при помощи метода Левенберга-Марквардта подставим в схему, представленную на рис. 3(а).



а) б)

Рис. 4. а) Структурная схема ЭП дробления угольного комбайна с нейронной сетью, б) Графики идентификации момента сопротивления нейронной сетью и момента сопротивления M_c

Анализ результатов моделирования процессов идентификации на рис. 3(б) показывает, что идентификация момента сопротивления осуществляется с величиной среднеквадратичной ошибки 0,696 %, что свидетельствует о работоспособности предлагаемой методики построения НС, высокой точности модели и возможности их практического применения.

Полученные результаты подтверждают возможность идентификации момента сопротивления косвенным методом с помощью обученной НС. В перспективе использования предложенного метода идентификации и внедрение его в систему управления ЭП дробления угольного комбайна даст возможность ЭП подстраиваться под динамику изменения момента сопротивления и минимизирует вероятность выхода из строя электропривода в процессе эксплуатации.

Источники

1. Бабокин Г.И., Щуцкий В.И., Серов В.И., Частотно-регулируемый электропривод горных машин и установок, М.: Издательский центр РХТУ, 1998. 237 с.

2. Хайкин С., Нейронные сети: полный курс: 2-е издание, испр., пер. с англ., М. : ООО «ИД Вильямс», 2006. 1104 с.

3. Тарик Р., Создаем нейронную сеть. испр., пер. с англ., М.: ООО «Диалектика», 2019. 112 с.

4. Ключев В.И., Теория электропривода: Учеб. для вузов, М.: Энергоатомиздат, 2001. 704 с.

5. Дьяконов В. П., MATLAB, Полный самоучитель, М.: ДМК Пресс, 2012. 768 с.

УДК 681.5.015

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И СКОРОСТИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Макаров Валерий Геннадьевич[1], Бариев Рамис Халимович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
[1]electroprivod@list.ru, [2]ramisb1990@mail.ru

Аннотация: Для идентификации параметров и скорости вращения ротора асинхронного двигателя предлагается использовать функции чувствительности токов фаз статора к изменению параметров. На основе предлагаемого метода разработан алгоритм, позволяющий идентифицировать параметры схемы замещения фазы, нагрузки и скорость ротора трехфазного асинхронного электродвигателя без использования датчиков частоты вращения, углового ускорения и устройств дифференцирования.

Ключевые слова: идентификация параметров и процессов, асинхронный двигатель, функции чувствительности, обобщенная электрическая машина.

IDENTIFICATION OF PARAMETERS AND SPEED OF THE ROTOR OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR USING SENSITIVITY FUNCTIONS

Makarov Valery Gennadievich[1], Bariev Ramis Halimovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia
[1]electriprivod@list.ru, [2]ramisb1990@mail.ru

Abstract: *To identify the parameters and processes, the rotational speed of the rotor of an asynchronous motor, it is proposed to use the sensitivity functions of the stator phase currents to changes in parameters. An algorithm has been developed to identify the parameters of the phase substitution circuit, the load and the rotor speed of a three-phase asynchronous electric motor without the use of speed sensors, angular acceleration and differentiation devices.*

Keywords: *identification of parameters and processes, asynchronous motor, sensitivity functions, generalized electric machine.*

При движении асинхронного двигателя (АД) параметры и частота вращения ротора могут существенно отличаться от расчетных значений. Это объясняется неточностью изготовления, старением элементов системы управления, изменением режимов работы и т. п. Изменение параметров приводит к изменению коэффициентов уравнений,

заложенных в систему управления электропривода в виде алгоритма управления, что вызывает изменение статических и динамических свойств электропривода. Поэтому идентификация параметров и переменных величин АД, а также бездатчиковое определение угловой скорости ротора являются актуальными задачами [1].

Для решения задачи идентификации параметров и скорости вращения АД предлагается метод, основанный на определении функций чувствительности токов фаз статора обобщенной электрической машины (ОЭМ). В трехфазном АД непосредственному измерению подлежат токи $i_{1A}(t)$, $i_{1B}(t)$, $i_{1C}(t)$ и напряжения $u_{1A}(t)$, $u_{1B}(t)$, $u_{1C}(t)$ фаз обмотки статора. Датчик скорости при этом отсутствует. Необходимо оценивать активные сопротивления фаз обмоток статора R_1 и ротора R_2, индуктивности фаз обмоток статора L_1 и ротора L_2, взаимную индуктивность M_m, суммарный момент инерции J_Σ, статический момент M_c и угловую скорость ротора $\omega(t)$ [2,3]. Обозначим истинные значения параметров – R_{1o}, L_{1o}, R_{2o}, L_{2o}, M_{mo}, $J_{\Sigma o}$, M_{co}. Требуется найти оценки этих параметров – R_1, L_1, R_2, L_2, M_m, J_Σ, M_c и угловой скорости $\omega(t)$. При истинных значениях параметров уравнения баланса напряжений для фаз статора и ротора ОЭМ и уравнение механики имеют вид:

$$\begin{cases} u_{1d} = R_{1o} i_{1do} + L_{1o} \dfrac{di_{1do}}{dt} + M_{mo} \dfrac{di_{2do}}{dt} - \omega_1 \left(L_{1o} i_{1qo} + M_{mo} i_{2qo} \right); \\ u_{1q} = R_{1o} i_{1qo} + L_{1o} \dfrac{di_{1qo}}{dt} + M_{mo} \dfrac{di_{2qo}}{dt} + \omega_1 \left(L_{1o} i_{1do} + M_{mo} i_{2do} \right); \\ 0 = R_{2o} i_{2do} + L_{2o} \dfrac{di_{2do}}{dt} + M_{mo} \dfrac{di_{1do}}{dt} - \omega_{2o} \left(L_{2o} i_{2qo} + M_{mo} i_{1qo} \right); \\ 0 = R_{2o} i_{2qo} + L_{2o} \dfrac{di_{2qo}}{dt} + M_{mo} \dfrac{di_{1qo}}{dt} + \omega_{2o} \left(L_{2o} i_{2do} + M_{mo} i_{1do} \right); \\ J_{\Sigma o} \dfrac{d\omega_o}{dt} = p_п \left(p_п M_{mo} \left(i_{1qo} i_{2do} - i_{1do} i_{2qo} \right) - M_{co} \right), \end{cases} \quad (1)$$

где $i_{1do}(t)$, $i_{1qo}(t)$, $i_{2do}(t)$, $i_{2qo}(t)$, $\omega_{2o}(t)$, $\omega_o(t)$ – функции, найденные при движении реального электропривода [4,5].

Рассмотрим задачу на примере идентификации активного сопротивления ротора R_2. Если R_2 получит единичное приращение, которое считается малым, то уравнения ОЭМ примут вид:

$$
\begin{cases}
u_{1d} = R_1(i_{1d} + \bar{i}_{1d}) + L_1 \dfrac{d(i_{1d} + \bar{i}_{1d})}{dt} + M_m \dfrac{d(i_{2d} + \bar{i}_{2d})}{dt} - \omega_1\left(L_1(i_{1q} + \bar{i}_{1q}) + M_m(i_{2q} + \bar{i}_{2q})\right); \\
{}_{1q} = R_1(i_{1q} + \bar{i}_{1q}) + L_1 \dfrac{d(i_{1q} + \bar{i}_{1q})}{dt} + M_m \dfrac{d(i_{2q} + \bar{i}_{2q})}{dt} + \omega_1\left(L_1(i_{1d} + \bar{i}_{1d}) + M_m(i_{2d} + \bar{i}_{2d})\right); \\
0 = (R_2 + 1)(i_{2d} + \bar{i}_{2d}) + L_2 \dfrac{d(i_{2d} + \bar{i}_{2d})}{dt} + M_m \dfrac{d(i_{1d} + \bar{i}_{1d})}{dt} - (\omega_2 + \bar{\omega}_2)\left(L_2(i_{2q} + \bar{i}_{2q}) + M_m(i_{1q} + \bar{i}_{1q})\right); \\
0 = (R_2 + 1)(i_{2q} + \bar{i}_{2q}) + L_2 \dfrac{d(i_{2q} + \bar{i}_{2q})}{dt} + M_m \dfrac{d(i_{1q} + \bar{i}_{1q})}{dt} + (\omega_2 + \bar{\omega}_2)\left(L_2(i_{2d} + \bar{i}_{2d}) + M_m(i_{1d} + \bar{i}_{1d})\right); \\
J_\Sigma \dfrac{d(\omega + \bar{\omega})}{dt} = p_\text{п}\left[p_\text{п} M_m\left((i_{1q} + \bar{i}_{1q})(i_{2d} + \bar{i}_{2d}) - (i_{1d} + \bar{i}_{1d})(i_{2q} + \bar{i}_{2q})\right) - M_\text{с}\right]
\end{cases}
\tag{2}
$$

Малые приращения $\bar{i}_{1d}, \bar{i}_{1q}$, $\bar{i}_{2d}$, $\bar{i}_{2q}$, $\bar{\omega}$, $\bar{\omega}_2$ играют здесь роль функций чувствительности переменных к изменению активного сопротивления R_2:

$$
\bar{i}_{1d} = \frac{\partial i_{1d}(t)}{\partial R_2};\ \bar{i}_{1d} = \frac{\partial i_{1q}(t)}{\partial R_2};\ \bar{i}_{2d} = \frac{\partial i_{2d}(t)}{\partial R_2};\ \bar{i}_{2q} = \frac{\partial i_{2q}(t)}{\partial R_2};\ \bar{\omega} = \frac{\partial \omega(t)}{\partial R_2};\ \bar{\omega}_2 = \frac{\partial \omega_2(t)}{\partial R_2}.
$$

(3)

Вычитая из уравнений системы (2) уравнения системы ОЭМ и пренебрегая произведениями малых величин, получаем

$$
\begin{cases}
0 = R_1\bar{i}_{1d} + L_1 \dfrac{d\bar{i}_{1d}}{dt} + M_m \dfrac{d\bar{i}_{2d}}{dt} - \omega_1\left(L_1\bar{i}_{1q} + M_m\bar{i}_{2q}\right); \\
0 = R_1\bar{i}_{1q} + L_1 \dfrac{d\bar{i}_{1q}}{dt} + M_m \dfrac{d\bar{i}_{2q}}{dt} + \omega_1\left(L_1\bar{i}_{1d} + M_m\bar{i}_{2d}\right); \\
-i_{2d} = R_2\bar{i}_{2d} + L_2 \dfrac{d\bar{i}_{2d}}{dt} + M_m \dfrac{d\bar{i}_{1d}}{dt} - \bar{\omega}_2\left(L_2\bar{i}_{2q} + M_m\bar{i}_{1q}\right); \\
-i_{2q} = R_2\bar{i}_{2q} + L_2 \dfrac{d\bar{i}_{2q}}{dt} + M_m \dfrac{d\bar{i}_{1q}}{dt} + \bar{\omega}_2\left(L_2\bar{i}_{2d} + M_m\bar{i}_{1d}\right); \\
J_\Sigma \dfrac{d\bar{\omega}}{dt} = 0.
\end{cases}
\tag{4}
$$

Уравнения (4) позволяют генерировать функции чувствительности по активному сопротивлению R_2.

Определим скорости изменения оценки параметра R_2:

$$
\frac{dR_2}{dt} = -\mu_{R_2}\left[\frac{\partial i_{1d}(t)}{\partial R_2}\Delta i_{1d} + \frac{\partial i_{1q}(t)}{\partial R_2}\Delta i_{1q}\right] = -\mu_{R_2}\left[S\left(i_{1d},\ R_2\right)\Delta i_{1d} + S\left(i_{1q},\ R_2\right)\Delta i_{1q}\right],
$$

(5)

где μ_{R_2} – коэффициент, определяющий скорость изменения оценок параметров, выбирается согласно характеру сигналов $i_{1d}(t), i_{1q}(t)$, $\omega_1(t)$; $\Delta i_{1d}(t) = i_{1d\text{o}}(t) - i_{1d}(t)$, $\Delta i_{1q}(t) = i_{1q\text{o}}(t) - i_{1q}(t)$ – погрешности по токам статора.

Аналогично идентифицируются остальные параметры.

Идентификация угловой скорости ротора осуществляется с помощью уравнения движения электропривода, в которое помимо угловой скорости ротора входят такие параметры как статический момент $M_\text{с}$ и суммарный момент инерции J_Σ, поэтому в данном случае для качественной и

устойчивой идентификации недостаточно информации. В связи с этим от оценки суммарного момента инерции J_{Σ} приходится отказаться.

Предлагаемый метод позволяет идентифицировать параметры схемы замещения и скорость вращения ротора асинхронного электродвигателя без использования датчиков углового ускорения и частоты вращения, поэтому может найти применение в адаптивных и самонастраивающихся системах.

Источники

1. Макаров В.Г., Тамбов В.В. Обзор методов бездатчикового определения скорости асинхронных двигателей // Машиностроение: Сетевой электронный научный журнал. 2014. №1 С. 34 – 38.
2. Макаров В.Г. Идентификация параметров трехфазного асинхронного двигателя // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2010. № 3 – 4. С. 88 – 101.
3. Макаров В.Г., Яковлев Ю.А. Идентификация параметров трехфазного асинхронного двигателя // Материалы IV междунар. научн.-практ. конф. «Наука и практика: проблемы, идеи, инновации». 2009. С. 235 – 237.
4. Макаров В. Г. Гипотетическая физическая модель ОЭМ на основе трехфазного асинхронного двигателя // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2010. № 1 – 2. С. 94 – 108.
5. Макаров В.Г. Применение теории обобщенной электрической машины к трехфазному асинхронному двигателю // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2009. № 11 – 12. С. 84 – 97.

УДК 519.71

СТРУКТУРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОМПЕНСАЦИОННОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ

Малёв Николай Анатольевич[1], Турсуналиев Нук Адылбекович[2] ,
Хуснутдинов Азат Назипович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2,3]*maleeev@mail.ru*

В работе рассматривается структурная схема замкнутой электромеханической системы, включающая объект управления второго порядка, а также математическую модель дифференциального закона управления. Показана процедура понижения порядка производной регулируемой координаты при нулевых начальных условиях. Обоснована возможность практической реализации алгоритма управления с применением эталонной модели.

Ключевые слова: алгоритм управления, эталонная модель, минимизация функционала, электромеханическая система.

STRUCTURAL INTERPRETATION OF THE COMPENSATIVE CONTROL ALGORITHM OF ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH REFERENCE MODEL

Malev Nikolay Anatolievich[1], Tursunaliev Nuk Adylbekovich[2]
Khusnutdinov Azat Nazipovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
maleeev@mail.ru

Abstract: *The paper considers a structural diagram of a closed electromechanical system, including a second-order control object, as well as a mathematical model of the differential control law. A procedure for lowering the order of the derivative of the controlled coordinate under zero initial conditions is shown. The possibility of practical implementation of the control algorithm using the reference model has been substantiated.*

Keywords: *control algorithm, reference model, functional minimization, electromechanical system.*

Компенсационный алгоритм управления направлен на обеспечение такого движения электромеханической системы, при котором выполняется условие $\left|x(t)-x_m(t)\right|\le\varepsilon$, т.е. изменение регулируемой величины $x(t)$ тео-

ретически должно четко соответствовать эталонному процессу $x_m(t)$, что невозможно на практике [1, 2, 3].

Алгоритм управления $u(t)$ и его параметры определяются из условия минимума функционала [4, 5]

$$J(u) = \frac{1}{2}\left[\ddot{} \quad \ddot{} \quad \right]^2. \tag{1}$$

Градиент функционала (1)

$$\frac{dJ(u)}{du} = -b_0\left[\ddot{} \quad \ddot{} \quad \right] = \text{const}.$$

Тогда дифференциальный закон управления

$$\frac{du(t)}{dt} = k\left[\ddot{} \quad \ddot{} \quad \right] = -\lambda b_0,\ \lambda = \text{const}. \tag{2}$$

Структурная схема объекта $\ddot{} \quad \dot{} \quad b_0 u$ с эталонной моделью $\ddot{} \quad \dot{} \quad n = \alpha_0 x^0$ и алгоритма управления (2) показана на рис. 1.

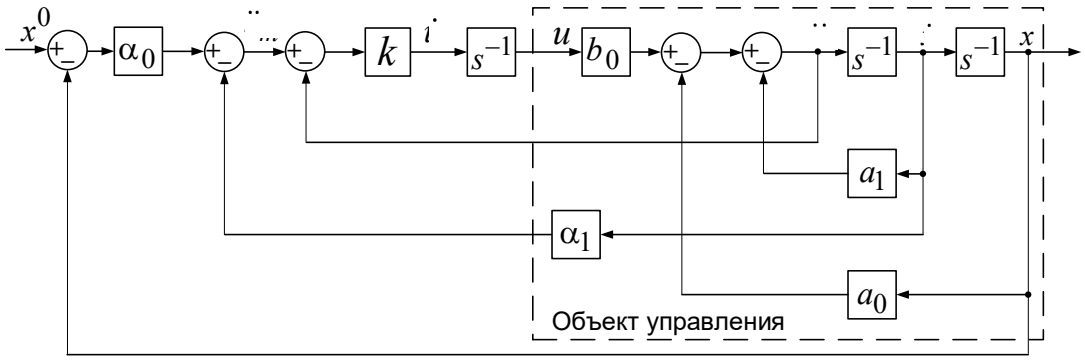


Рис. 1. Структурная схема электромеханической системы с эталонной моделью

Интегрируя обе части (2) при нулевых начальных условиях, получим

$$u(t) = k\left[\dot{} \quad \dot{} \quad \right]. \tag{3}$$

Требуемое значение координаты x_m вычисляется из соотношения

$$x_m(t) = \alpha_0 \int_0^t \left(x^0 - x\right) dt - \alpha_1 x. \tag{4}$$

Уравнения (3), (4) определяют интегральную форму компенсационного алгоритма управления при нулевых начальных значениях переменных. Тогда для объекта, описываемого передаточной функцией второго порядка

$$W_o(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{b_0}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

структурная схема замкнутой электромеханической системы примет вид, показанный на рис. 2.

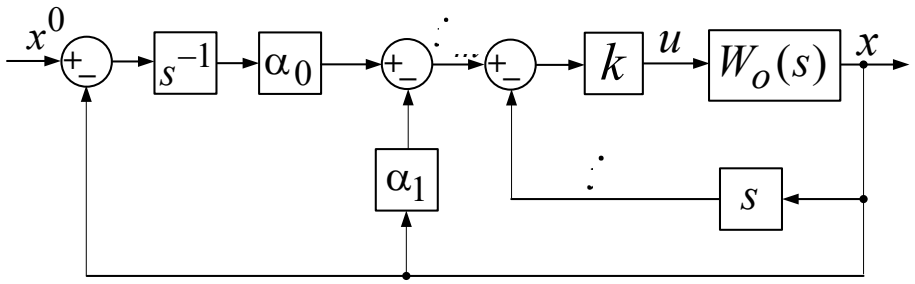


Рис. 2. Структурная схема электромеханической системы при нулевых начальных условиях

В результате компенсационный алгоритм управления можно реализовать на основе информации о регулируемой величине $x(t)$ и ее производной $\dot{x}$, а динамика объекта управления будет асимптотически приближаться к динамике эталонной модели при $k \to \infty$.

Источники

1. Малёв Н.А., Сахипов Р.Г. Алгоритм управления движением электропривода, минимизирующий энергию ускорения. Сб. материалов VI Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». В 2-х томах. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. Т.1. 2020. С. 68 – 70.

2. Малёв Н.А., Проказов А.Н. Алгоритм управления электроприводом с минимальным информационным обеспечением. Сб. материалов VI Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». В 2-х томах. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. Т.1. 2020. С. 63 – 64.

3. Analysis of Parametric Sensitivity and Structural Optimization of Modal Control Systems with State Controllers / A.A. Anisimov, D.G. Kotov, S.V. Tararykin, V.V. Tyutikov // Journal of Computer and System Sciences International. 2011. Vol. 50. 5. P. 698 – 719.

4. Park Y. Robust and Optimal Attitude Stabilization of Spacecraft with External Disturbances // Aerospace Science and Technology, 2005. vol. 9. № 3. pp. 253–259.

5. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Малацион А.С. Метод формирования *Q*-таблиц для автоматизированного контроля параметров электромеханических преобразователей с применением линейного интегрального критерия. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020, № 22(2). С. 86-97.

УДК 519.71

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ И КОМПЕНСАЦИОННЫМ АЛГОРИТМОМ УПРАВЛЕНИЯ

Малёв Николай Анатольевич[1], Турсуналиев Нук Адылбекович[2]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
maleeev@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается электромеханическая система второго порядка с компенсационным алгоритмом управления. Эталонная модель формируется исходя из условия настройки на технический оптимум. Результаты моделирования показывают высокую параметрическую робастность данного алгоритма.

Ключевые слова: алгоритм управления, эталонная модель, электромеханическая система, робастность.

SIMULATION ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH REFERENCE MODEL AND COMPENSATORY ALGORITHM CONTROL

Malev Nikolay Anatolievich[1], Tursunaliev Nuk Adylbekovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
maleeev@mail.ru

Abstract: The paper considers a second-order electromechanical system with a compensation control algorithm. The reference model is formed based on the condition of tuning to the technical optimum. The simulation results show a high parametric robustness of this algorithm.

Keywords: control algorithm, reference model, electromechanical system, robustness.

Исследуемый объект описывается передаточной функцией

$$W_o(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{b_0}{s^2 + a_1 s + a_0},\ a_1 = 4;\ a_0 = 2;\ b_0 = 5\,. \qquad (1)$$

Реализация компенсационного алгоритма управления обеспечивает перевод объекта из начального состояния в установившееся состояние с управляемой координатой $x(\infty) = x^0 = \text{const},$. Параметры эталон-

ной модели $\ddot{x}_m + \dot{x}_m = \alpha_0 x^0$ определим на основе желаемого полинома Баттерворта второго порядка [1, 2]:

$$\ddot{x}_m + \frac{1}{\tau}\dot{x}_m + \frac{1}{\tau^2}x_m = \frac{1}{\tau^2}x^0,\ \tau = 0{,}1\text{ с};\ \xi = \frac{\sqrt{2}}{2}. \qquad (2)$$

Тогда $\alpha_0 = \frac{1}{\tau^2} = 100\text{ с}^{-2};\ \alpha_1 = 2\xi\frac{1}{\tau} = 14{,}14\text{ с}^{-1}$. Сформируем алгоритм управления при рассчитанных значениях [3, 4]:

$$u(t) = k\left[\ddot{x}_m + \dot{x}_m + x_m\right]$$

$$x_m(t) = \alpha_0\int_0^t\left(x^0 - x\right)dt - \alpha_1 x = 100\int_0^t\left(x^0 - x\right)dt - 14{,}14x. \qquad (3)$$

Соответствующая simulink-модель показана на рис. 1.

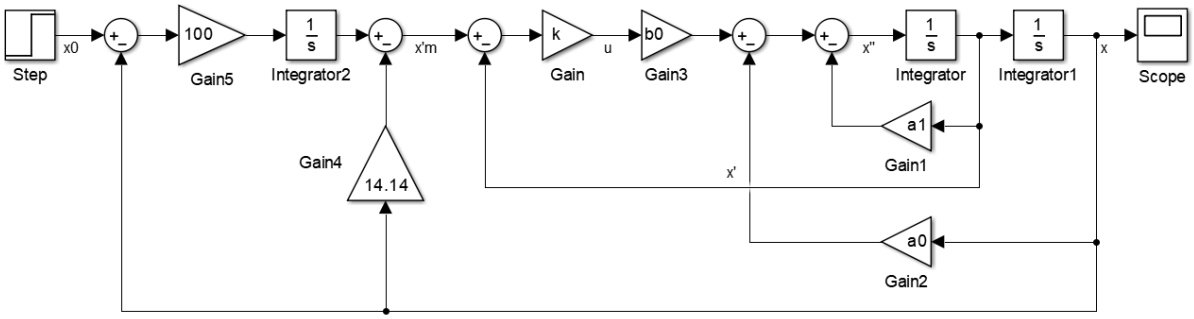


Рис. 1. Simulink-модель электромеханической системы
с компенсационным алгоритмом управления

Уравнения (3) имеют один настраиваемый параметр *k*, при неограниченном увеличении которого полюсы объекта управления асимптотически приближаются к полюсам эталонной модели [5]. При выборе эталонной модели не ставилась задача точного слежения за входным сигналом, поэтому система имеет небольшую добротность по скорости. При необходимости обеспечения высокой динамической точности подбирается соответствующая эталонная модель.

Результаты имитационного моделирования представлены на рис. 2, 3 при $k = 10$. Моделирование проводилось для трёх случаев: 1) параметры объекта исследования приняты в соответствии с (1); 2) параметры объекта исследования увеличены в 2 раза по сравнению с (1); 3) параметры объекта исследования уменьшены в 2 раза по сравнению с (1).

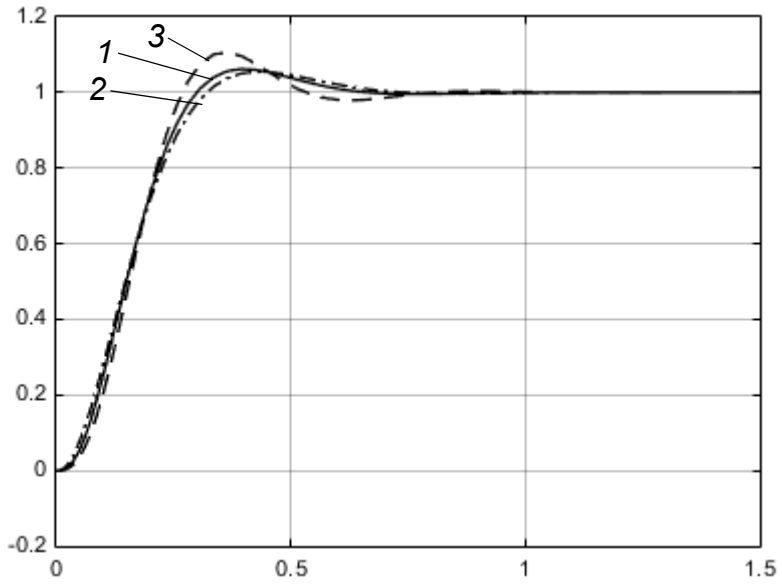


Рис. 2. Переходные характеристики электромеханической системы с компенсационным алгоритмом управления: 1) $a_1 = 4;\ a_0 = 2;\ b_0 = 5$; 2) $a_1 = 8;\ a_0 = 4;\ b_0 = 10$; 3) $a_1 = 2;\ a_0 = 1;\ b_0 = 2,5$

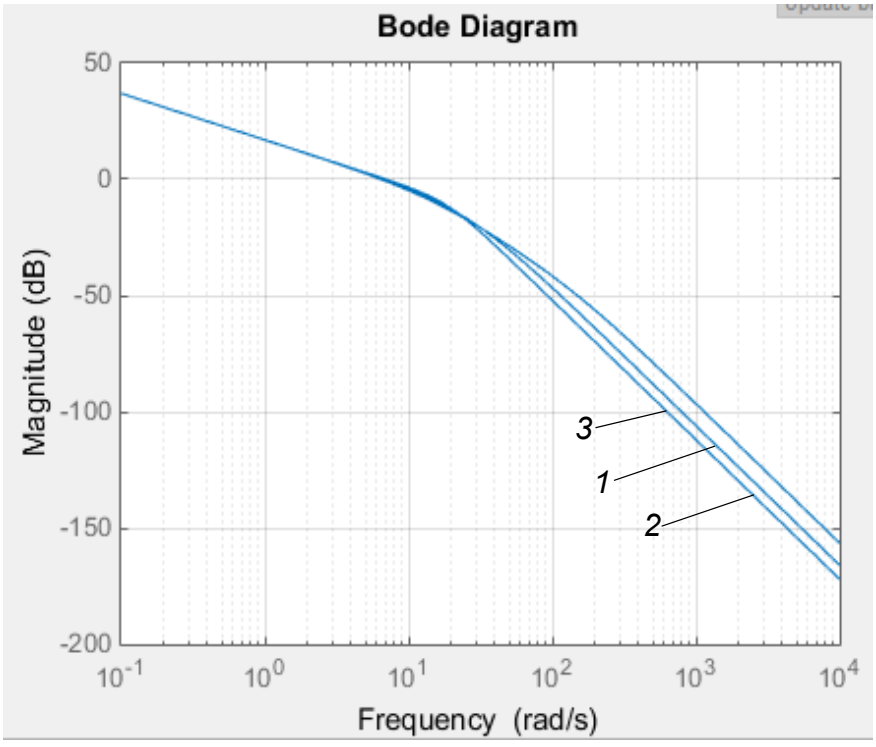


Рис. 3. Логарифмические амплитудно-частотные характеристики электромеханической системы с компенсационным алгоритмом управления: 1) $a_1 = 4;\ a_0 = 2;\ b_0 = 5$; 2) $a_1 = 8;\ a_0 = 4;\ b_0 = 10$; 3) $a_1 = 2;\ a_0 = 1;\ b_0 = 2,5$

Анализ результатов моделирования показывает, что при k = 10 переходный процесс в исследуемой электромеханической системе примерно

соответствует настройке на технический оптимум с перерегулированием около 5% (см. график 1 на рис. 2). При изменении параметров объекта показатели качества временных характеристик изменяются незначительно, а логарифмические амплитудно-частотные характеристики в зоне рабочих частот практически совпадают. С увеличением параметра k динамические характеристики системы становятся идентичными характеристикам фильтра Баттерворта второго порядка с перерегулированием 4,3%, а изменения параметров объекта не оказывают влияния на переходный процесс, что свидетельствует о высокой параметрической робастности систем с компенсационным алгоритмом управления.

Источники

1. Малёв Н.А., Проказов А.Н., Погодицкий О.В., Козелкова В.О. Синтез алгоритма управления, оптимального по расходу энергии. Сб. материалов VI Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». В 2-х томах. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. Т.1. 2020. С. 65 – 67.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.

3. Малёв Н.А., Сахипов Р.Г. Алгоритм управления движением электропривода, минимизирующий энергию ускорения. Сб. материалов VI Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ». В 2-х томах. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. Т.1. 2020. С. 68 – 70.

4. Park Y. Robust and Optimal Attitude Stabilization of Spacecraft with External Disturbances // Aerospace Science and Technology, 2005. vol. 9. № 3. pp. 253–259.

5. Малёв Н.А., Мухаметшин А.И., Погодицкий О.В., Чичков П.В. Сравнительный анализ аппаратно-программного обеспечения метода контроля функционирования электромеханических преобразователей постоянного тока. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(5):142-154.

УДК 621.311.163

ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Мухамадеев Рудольф Ринатович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
rudolf.mukhamadeev.94@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены приборы определения места повреждения (ОМП) воздушных линий электропередач, приведены преимущества, недостатки и сравнение данных приборов.

Ключевые слова: воздушная линия, определение места повреждений, короткое замыкание, фиксирующие приборы, параметры аварийного режима, наведенное напряжение.

DEVICES AND DEVICES FOR DETERMINING THE LOCATION OF DAMAGE ON POWER LINES

Mukhamadeev Rudolf Rinatovich
FGBOU VO « Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
rudolf.mukhamadeev.94@mail.ru

Abstract: *The article discusses devices for determining the location of damage (WMD) of overhead power lines, provides advantages, disadvantages and comparison of these devices.*

Keywords: *overhead line, damage location determination, short circuit, locking devices, emergency mode parameters, induced voltage.*

Определение мест повреждений (ОМП) с помощью специальных приборов и устройств способствует ускорению поиска поврежденных элементов ВЛ, их быстрому восстановлению, что повышает надежность работы энергосистемы [1].

Для измерения и запоминания в процессе короткого замыкания (КЗ) параметров аварийного режима (тока, напряжения) широко применяются фиксирующие приборы (ФП). Основными разновидностями подобных устройств являются: ЛИФП, ФИП, ФИС, ФПН, ФПТ.

Расчётное расстояние до места повреждения, как правило, определяет дежурный персонал на диспетчерских пунктах. Имея показания

прибора, диспетчер при помощи аналитического, графического и графоаналитического методов определяет расстояние до места аварии.

Недостатком ФП является большая трудоемкость эксплуатации и недостаточная точность ОМП. Значительно снизить эти недостатки позволяют микропроцессорные фиксирующие индикаторы (МФИ), обеспечивающие измерение параметров аварийного режима (ПАР) при всех видах КЗ и выдачу информации о виде КЗ, повреждённых фазах, расстоянии до места КЗ в км, дополнительную информацию о токах и напряжениях (фазных, прямой, обратной, нулевой последовательностей (НП)). МФИ могут реализовывать односторонний, двусторонний и волновой методы ОМП [2].

МФИ с односторонним замером: ФПМ-01, МФИ-1, МИР-1, ИМФ-3С, ИМФ-3Р, МИР-3, МИР-Р, Сириус-2-ОМП, ТОР-ЛОК, Бреслер 0107.090.

МФИ с двусторонним замером: Бреслер 0107.090.

МФИ с волновым методом: Бреслер 0107.090, *Qualitrol* (IDM+ 9, IDM+18, IDM+36), FL-1 (FL-8), TFS 2100, *Reason*/RPV-310.

В настоящее время в энергосистеме широкое распространение получают цифровые регистраторы аварийных событий (ЦРАП), которые измеряют различные электрические величины (ток и напряжение линейные, фазные, НП и их направление, активную и реактивную мощности и ее направление, частоту сети) в заданные единицы времени и на основе полученных данных выполняют различные расчеты и исследования.

В случае возникновения КЗ на ВЛ, регистратор фиксирует точное время, вышеприведенные электрические параметры в момент повреждения, определяет характер повреждения, указывает расстояние до поврежденного участка ВЛ [3].

К современным ЦРАП относятся такие устройства, как регистратор цифровой «Парма РП 4.11», регистратор цифровой аварийных процессов «ЦРАП-97Р» (предприятие «ПАРМА», Санкт-Петербург), терминал регистрирующий «БЭ 2702» Комплекс сбора информации электрической части энергетических объектов «Черный ящик» (предприятие НТЦ «ГОСАН», г. Москва), цифровые регистраторы фирмы «Рекон», автоматические устройства регистрации аварийных нарушений «АУРА» и «АУРА-М» (предприятие «Свей», г. Екатеринбург), регистратор аварийных нарушений ТРЕ-2000 (фирма «*Gee Alstliom*»), система записи аварийных сигналов RES 100 с записывающими модулями типа «REOB

100» и «RCRA 1.00» (фирма «ABB»), регистратор цифровой аварийных ситуаций «S1MEAS-R» (фирма «*Siemens*») и др [4].

Источники

1. Айзенфелъд А.И. Методы определения мест короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи при помощи, фиксирующих приборов. М.: Энергия; 2016

2. Аржанников Е.А., Лукоянов В.Ю., Мисриханов М.Ш. Определение места короткого замыкания на высоковольтных линиях электропередачи/ под ред. В.А. Шуина. М.: Энергоатомиздат, 2013

3. Гриб О.Г., Светелик А.А., Сендерович Г.А., Калюжный Д.Н. Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи: Уч. пособие /. Под общей редакцией О.Г. Гриба. – Харьков: ХГАГХ, 2003. 146 с.

4. Куликов А.Л., Обалин М.Д., Петрова В.А. Применение цифровой обработки сигналов в задаче повышения точности ОМП ЛЭП по параметрам аварийного режима // Электрические станции. 2016. № 4. С. 39-44.

УДК 621-313.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ РУМАЙЛА

Найдышева Алина Антоновна[1], Халфина Гульназ Ильдаровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
[1]*chichikovnedurak@mail. ru*, [2]*khalfina*2000*@mail*

Аннотация: В данной работе рассмотрена концепция поэтапного развития системы электроснабжения нефтяного оборудования на месторождении Румайла, представлена модель ЭТК-1, ЭТК-2.

Ключевые слова: нефтедобывающее предприятие, централизованная система электроснабжения, энергоэффективность, дизель-генератор.

INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF THE ELECTRICAL COMPLEX OF THE OIL PRODUCTION ENTERPRISE AT THE RUMAYLA FIELD

Naidysheva Alina Antonovna1, Khalfina Gulnaz Ildarovna2
1,2 FSBEI HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Russia
chichikovnedurak@mail. ru, [2]*khalfina*2000*@mail*

Abstract: *In this paper, the concept of the phased development of the power supply system for oil equipment at the Rumaila field is considered, the model ETK-1, ETK-2 is presented.*

Key words: *oil production enterprise, centralized power supply system, energy efficiency,diesel generator.*

Рассматривая развитие нефтяного месторождения с момента осуществления поиска залежей до завершения рентабельного срока обработки стоит выделить четыре основных этапа. Характерные черты первого этапа - неопределенное число нефтяных скважин и высокое давление, благодаря которому полезное ископаемое выбрасывается на поверхность за счет естественной энергии [1]. На данном этапе технология нефтедобычи требует крайне высокие затраты на электроэнергию для снабжения таких потребителей, как электрический двигатель и система управления электрическим двигателем и вспомогательные электроустановки [2].

Для обеспечения непрерывного процесса добычи нефти система

электроснабжения осуществляется посредством дизель-генераторных установок по ряду схем: каждая скважина оборудуется одной ДГУ для питания мощных погружных электродвигателей (от 100 до 700 кВт), либо группа скважин, оснащенная средней малой мощности электродвигателями (от 50 до 100 кВт), получает электроэнергию от одной дизель-генераторной установки [3]. На втором этапе система электроснабжения сталкивается с высокими расходами топлива и затратами на его транспортировку; безосновательно низкий коэффициент загрузки приводит к ряду факторов, влияющих на энергоэффективность производства в целом, включающих капиталовложения в запчасти и обслуживание дизель-генераторных установок, следовательно, рост числа генераторов прямо пропорционально повышает удельные расходы электроэнергии на единицу продукции.

На третьем этапе в целях повышения энергоэффективности электротехнического комплекса с автономным электроснабжением осуществляется построение центров генерации. Это позволит снизить число генераторов и увеличить коэффициент нагрузки, поскольку питание всех погружных электродвигателей на кустовых площадках по создаваемой ЛЭП будет производится центром генерации, с расположенными на нем группами дизель-генераторных установок, которых находится на соответствующей территории зонированного нефтяного месторождения.

Электротехнические комплексы (ЭТК), построенные по схеме питания основного электрооборудования скважин от одного дизель-генератора обозначим как ЭТК-1. С автономным электроснабжением от центров генерации как ЭТК-2.

На рис.1 и на рис.2 показана модель электротехнического комплекса нефтедобывающего предприятия на месторождении Румайла с устройствами, которые позволяют повысить энергоэффективность [4].

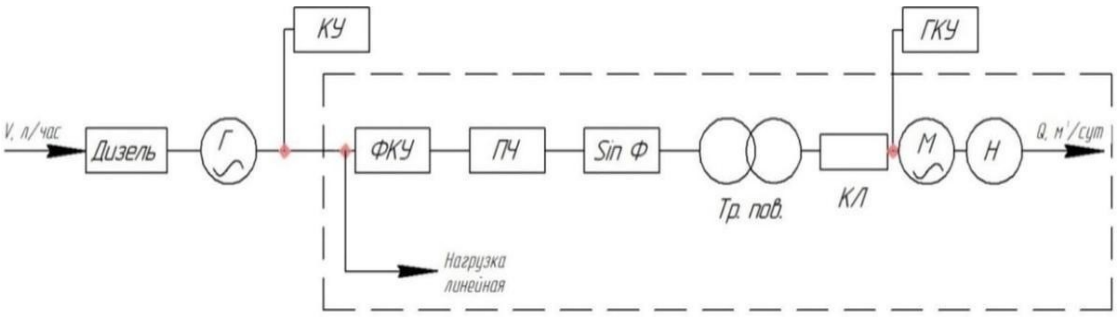


Рис. 1. Модель ЭТК-1 НДП с АСЭС

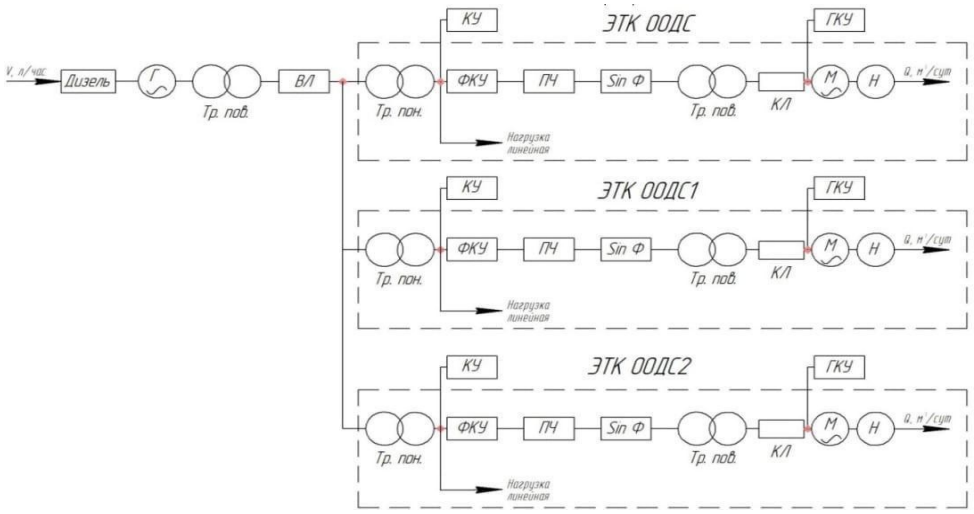


Рис. 2. Модель ЭТК-2 НДП с АСЭС

На рис. 1 и рис. 2 обозначены: ЭТК ООДС – электротехнический комплекс основного оборудования добывающей скважины; Г – генератор; Тр. пов. – повышающий трансформатор; Скв.1 – нефтяная скважина; ВЛ – воздушная линия электропередачи; Тр. пон. – понижающий трансформатор; ФКУ – фильтрокомпенсирующее устройство; ПЧ – преобразователь частоты; Sin Ф – синус-фильтр; КЛ – кабельная линия; М – погружной электродвигатель; КУ – компенсирующее устройство; ГКУ – глубинное компенсирующее устройство; Н – насос.

Переход на централизованную систему электроснабжения оборудования скважин сопровождается строительством воздушных линий электропередач и обозначает четвертый этап развития нефтяного месторождения [5]. Производится установка понижающих трансформаторных подстанций на площадках центров генерации и перевод режим резервного питания дизель-генераторных установок.

Таким образом, в целях повышения энергоэффективности электротехнического комплекса нефтедобывающего предприятия целесообразнее использовать центры генерации как систему электроснабжения.

Источники

1. Городнов А.Г. Построение энергоэффективных электротехнических комплексов с автономной системой электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2020. Том 22. №3.

2. Городнов А.Г., Оценка энергоэффективности электротехнического

комплекса нефтедобывающего предприятия с автономной системой электроснабжения // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Инновационная наука в глобализующемся мире» (Уфа, 15-16 марта 2020 г.). 2020. с. 30-31

3. Gorodnov A.G., Abdulhy Al-Ali Majid Abdulhameed, Kornilov V.Yu. The methodology for design of autonomous power supply system of oil producing company optimized on length and number of generation centers / Gorodnov A.G., Abdulhy Al-Ali Majid Abdulhameed, Kornilov V.Yu. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2020г. Том 22. №1. с.69-76

4. Мваку У.М., Корнилов В.Ю. Повышение эффективности работы электротехнического комплекса нефтегазоперерабатывающего предприятия // Энергетика Татарстана. 2013. №2 Казань. С. 46-50.

5. Городнов А.Г. Электротехнические комплексы добывающих скважин при автономном электроснабжении с улучшенными энергетическими показателями. Диссертация на соискание ученой степени кандидататехнических наук /КНИТУ им. А.Н. Туполева – Каи. Казань. 2020. с.48-50.

УДК 621-313.3

АНАЛИЗ ПРИЧИНЫ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ

Насибуллин Фаиль Фирдинадович [1], Танир Хамитевич Мухаметгалеев[2]
[1]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», [2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия
[1] fail.nasibullin.FERZ@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: В данной статье предложен анализ причины провалов напряжения в трехфазной сети, что необходимо для правильного составления технического задания при проектировании устройств динамических компенсаторов искажения напряжений.
Ключевые слова: провалы напряжения, трехфазная сеть, короткое замыкание.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF VOLTAGE FAILURES IN A THREE-PHASE NETWORK

Nasibullin File Ferdinandovich[1], MukhametgaleevTanir Khamitevich[2],
[1]FGBOU VO «Kazan National Research Technological University», [2]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]fail.nasibullin.FERZ@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Abstract: *This article offers an analysis of the causes of voltage failures in a three-phase network, which is necessary for the correct preparation of technical specifications when designing devices for dynamic voltage distortion compensators.*
Keywords: *voltage dips, three-phase network, short circuit,*

Проблема качества электроэнергии в сетях энергоснабжения предприятий остаётся актуальной, особенно для технологически сложных и ответственных производственных циклов. Достаточно часто провалы напряжения являются основной причиной остановки технологической цепочки предприятия. Статистика показывает, что длительность 90 % провалов напряжения выше критического минимума в 30 % амплитудного значения составляет 500мс по любым из трёх фаз электрической сети [1]. В общем случае в трехфазных системах электроснабжения за начало провала напряжения принимают момент, когда напряжение хотя бы в одной из фаз падает ниже порогового значения начала провала напряжения, за окончание провала напряжения принимают момент, когда напряжение во всех фазах возрастает выше порогового значения окончания провала

напряжения [2]. В последние годы для решения проблемы провалов напряжения все более широкое применение находят динамические компенсаторы искажений напряжения (ДКИН), которые предназначены для устранения перенапряжений и провалов напряжения. Но для составления технического задания при проектировании ДКИН необходимо проанализировать причины провалов напряжения в трехфазной сети. этому и посвящена данная работа.

Одна из известных причин небольшого провала напряжения – это токи включения конденсаторов, двигателей или других устройств [3]. На рисунке 1 можно увидеть, что при запуске двигателя сила тока на короткое время увеличивается. Падение напряжения на полных сопротивлениях Z и Z1 приводит к незначительному провалу напряжения на распределителе низкого напряжения (зона провала 1) и немного большему провалу напряжения за полным сопротивлением Z1 (зона провала 2).

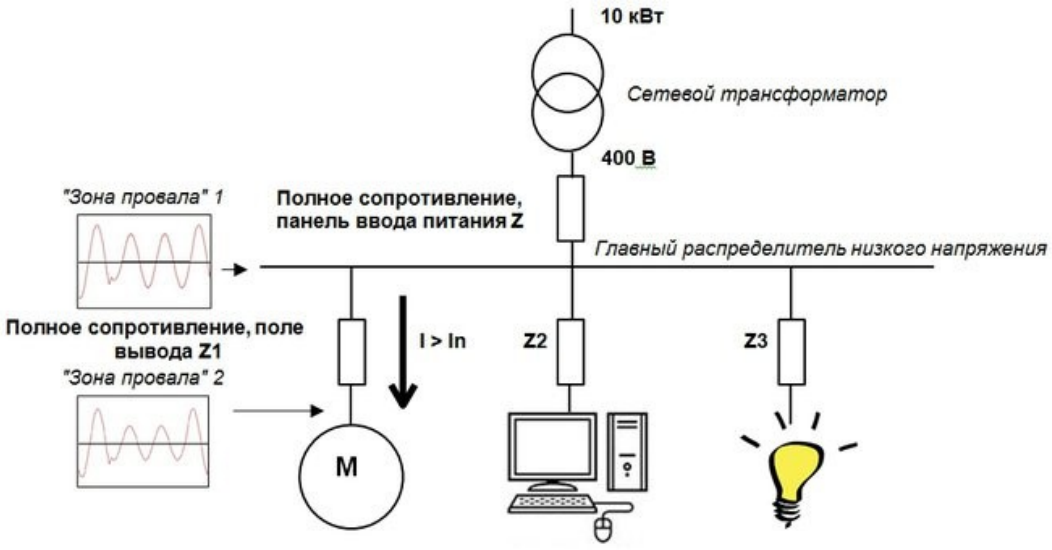


Рис. 1. «Запуск» двигателей может привести к провалу напряжения

Решение проблем, вызванных подобными провалами, заключается в оптимизации установки. Включение устройств не должно приводить к возникновению критических провалов напряжения.

При замыкании в сети низкого напряжения протекает ток короткого замыкания. Вклад тока короткого замыкания зависит от величины полных сопротивлений Z и Z3. На практике полное сопротивление Z3 больше. Ток короткого замыкания вызывает падение напряжения по полному сопротивлению Z, при этом наблюдается кратковременный провал напряжения на главном распределителе низкого напряжения (зона провала 1).

При коротком замыкании должен сработать предохранитель группы 3. Если до срабатывания предохранителя проходит 100 мс, то на всей установке наблюдается сильный провал напряжения на 100 мс [4].

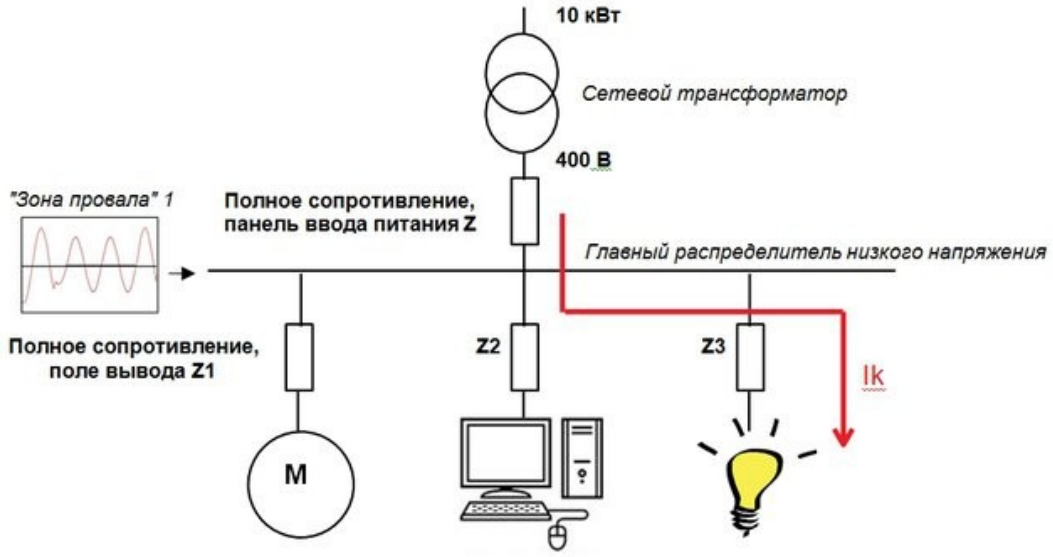


Рис. 2 Типичный пример рабочего состояния, при котором провал напряжения возникает в результате короткого замыкания в сети низкого напряжения

Чаще всего провалы напряжения наблюдаются в сетях среднего напряжения. Они могут быть, в частности, вызваны следующими факторами:

– земляными работами;

– пробоем соединительной муфты;

– старением кабеля.

На рис. 3 приведена типичная структура сети среднего напряжения. Известные трансформаторные будки/местные распределительные подстанции (зеленые точки) соединены друг с другом по кольцу и подключены к распределительной станции (синие точки). В кольце всегда имеется разрыв (см. кольцо из зеленых точек справа снизу). При возникновении короткого замыкания по цепи протекает ток короткого замыкания (красная линия). Он протекает до тех пор, пока предохранитель на распределительной станции не отключит кольцо.

Таким образом, во время короткого замыкания кратковременно протекает сильный ток. Из-за полных сопротивлений сети это приводит к кратковременному понижению напряжения во всей сети.

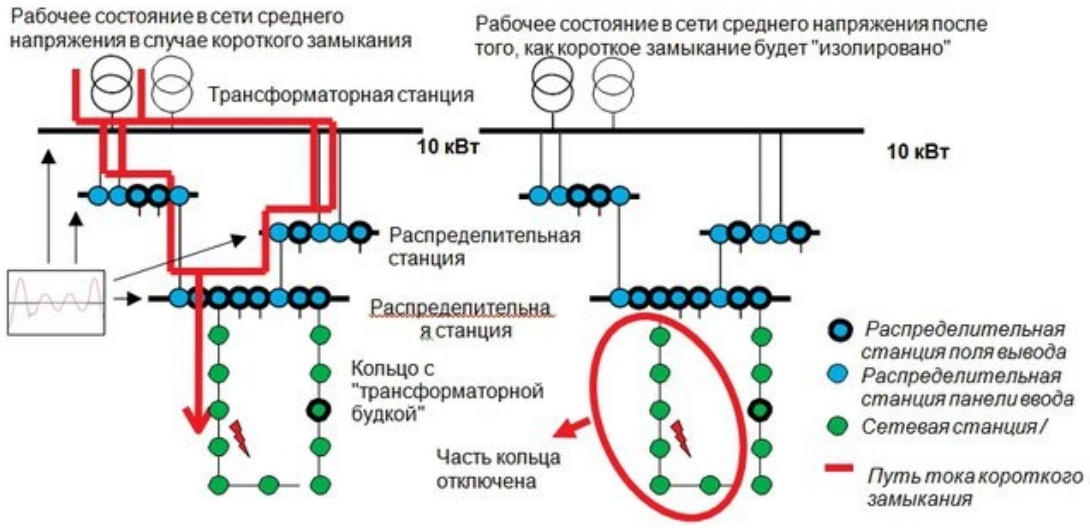


Рис. 3 Типичная структура сети среднего напряжения

Около 75 % провалов напряжения возникает в сети среднего напряжения. Часто они неизбежны для потребителя [5].

Источники

1. Пупин В.М. Устройства защиты от провалов напряжения // Приложение к журналу Энергетик, 2011. №5(149).

2. Фишман В.С. Провалы напряжения в сетях промышленных предприятий // Новости электротехники, 2004. №5 (29).

3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Интернет инжиниринг, 2005. 672 с.

4. Шпиганович А.Н., Черных И.А., Шилов И.Г. Провалы напряжения в высоковольтных электрических, 2006. № 1. С. 16-19.

5.http://news.elteh.ru/arh/2012/73/09.php Новости электротехники №1(73) Надежность электроснабжения.

УДК 621-313.3

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЕНСАТОРА ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Насибуллин Фуат Фирдинадович [1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич [2]
[1]ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
[2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1] nasibullin.foat @yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: в статье предложена структурная схема динамического компенсатора искажения напряжения, представляющего собой комбинацию выпрямителя и автономного инвертора напряжения, который подключен к сети питания потребителя и через вольтодобавочный трансформатор перераспределяет мощности таким образом, чтобы добавка напряжения на вторичной обмотке полностью компенсировала искажение напряжения при любых нарушениях в питающей сети.

Ключевые слова: модель, динамический компенсатор искажения напряжения, инвертор, возможности, модификация, схемы, провалы напряжения, искажения напряжения.

BLOCK DIAGRAM OF A DYNAMIC VOLTAGE DISTORTION COMPENSATOR

Nasibullin Fuat Firdinadovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1]FGBOU «Kazan National Research Technological University»,
[2]FGBOUHO «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]nasibullin.foat @yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

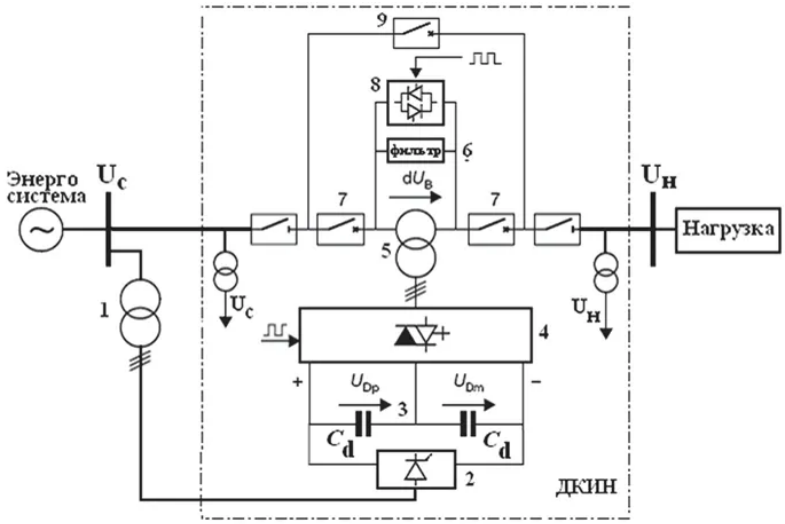
Abstract: *The article proposes a block diagram of a dynamic voltage distortion compensator, which is a combination of a rectifier and an autonomous voltage inverter, which is connected to the consumer's power supply network and redistributes power through an additional transformer in such a way that the addition of voltage on the secondary winding fully compensates for voltage distortion in case of any disturbances in the supply network.*

Keywords: *model, dynamic voltage distortion compensator, inverter, capabilities, modification, circuits, voltage dips, voltage distortions.*

Динамические компенсаторы искажений напряжения (ДКИН) предназначены для устранения перенапряжений и провалов напряжения и представляют собой более дешевое устройство защиты потребителей, чем источники бесперебойного питания, благодаря чему получили широкое применение. Это уникальное изделие, позволяющее решать весь комплекс

проблем, связанных как с качеством электрической энергии, так и с провалами и посадками (до трех секунд) напряжения, перенапряжениями в питающих и распределительных сетях.

Структурная схема ДКИН представлена на рисунке. Устройство обеспечивает за одну миллисекунду отклик на провал напряжения с последующим регулированием напряжения наполовину в течение одной миллисекунды и полным восстановлением напряжения в следующую половину цикла. Устройства ДКИН обеспечивают полное исправление для трехфазных провалов напряжения вплоть до 40 % и однофазных провалов до 55 % в течение не менее тридцати секунд. ДКИН регулирует напряжение нагрузки к номинальному значению, устраняя кратковременные нарушения электроснабжения от энергосистемы.



Структурная схема ДКИН

На схеме *U*с – напряжение энергосистемы; *U*н – напряжение на нагрузке; *UD*р – положительное напряжение постоянного тока; *UDm* – отрицательное напряжение постоянного тока; *dUB* – напряжение компенсации провала; 1 – входной трансформатор; 2 – тиристорный управляемый выпрямитель; 3 – аккумулирующие конденсаторы; 4 – управляемый инвертор на базе ПУВ; 5 – вольтодобавочный трансформатор; 6 -фильтр высших гармонических составляющих напряжения; 7 – выключатели; 8 – защитное устройство ДКИН; 9 – байпасный выключатель.

Через управляемый выпрямитель напряжение подаётся на конденсаторы *Cd*; через управляемый инвертор на базе ПУВ и через вольтодобавочный трансформатор (ВДТ) выход ДКИН подключён к нагрузке. Вторичная обмотка ВДТ включена последовательно с нагрузкой,

и в ней наводится напряжение dUв, компенсирующее провал напряжения в системе электроснабжения (СЭС).

Основные преимущества динамических компенсаторов провалов напряжения:

Синусоидальная форма выходного напряжения;

Защита от всех видов КЗ;

Высокая надежность;

Время реакции на кратковременные нарушение электроснабжения 1-2 мс;

Эффективность работы устройств более 99% при 50% загрузке и более 98,8% при 100% загрузке;

Низкая потребляемая мощность;

Малые размеры и вес.

Таким образом, ДКИН должен обеспечивать потребителю высокое качество напряжения, защищать нагрузку от большинства обычных искажений напряжения.

Динамический компенсатор (ДКИН) искажения напряжения контролирует поступающее напряжение и, когда оно отклоняется от номинального напряжения, ДКИН вставляет соответствующее напряжение компенсации, используя IGBT-инвертор и последовательные реакторы. ДКИН предназначен для того, чтобы смягчить провалы напряжения на линиях, питающих чувствительное оборудование. Таким образом, электроснабжение осуществляется все время.

Источники

1. Маркитанов С.А. Применение динамических компенсаторов искажений напряжения с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей // Главный энергетик, 2006, №1. С. 28-38с.

2. Современные технологии повышения качества электроэнергии при ее передачи и распределении // Новости электротехники. 2005. № 1, № 2.

3. Бородин Д.В. Автоматизированный контроль качества электроэнергии на промышленных предприятиях // Вестник НТУУ «ХПИ». 2011. № 3.

4. Ивкин О.Н., Киреева Э.А., Пупин В.М. и др. Применение динамических компенсаторов искажения напряжения с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей // Главный энергетик. 2006. №1. С. 28-31.

УДК 621-313.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА

Старцев Александр Андреевич[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», [2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия
[1] aksian.gm@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода насоса системы водоснабжения, чтобы обеспечить режим рационального электропотребления. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

Ключевые слова: марка, асинхронный электропривод, центробежный насос, преобразователь частоты, энергоэффективность.

MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE WATER SUPPLY SYSTEM OF THE COTTAGE VILLAGE

StartsevAleksandrAndreevich[1], MukhametgaleevTanir Khamitovich[2]
[1]FGBOU VO «Kazan National Research Technological University»,
[2]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]aksian.gm@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Abstract: *The article discusses the issues of modernization of the electric drive of the pump of the water supply system in order to ensure the mode of rational power consumption. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting an electric drive were calculated and selected.*

Keywords: *brand, asynchronous electric drive, centrifugal pump, frequency converter, energy efficiency.*

В настоящее время в промышленных отраслях, сельском и коммунальном хозяйстве используется много вентиляторов, компрессоров и насосов. На данные виды установок тратится большое количество электроэнергии. Увеличение цен на электроэнергию продолжается, значит увеличиваются и расходы на производство.

В данной работе рассмотрены вопросы модернизации электропривода насоса системы водоснабжения коттеджного поселка, для обеспечения режима рационального электропотребления.

В качестве основного силового оборудования станции водоснабжения выступает центробежный насос марки 2К 80 – 65 – 160а.

На рис. 1 представлена гидравлическая схема станции водоснабжения коттеджного поселка (резервуар не отображен), один из насосов является резервным. Пуск насосов производится при открытых задвижках на напорных водоводах.

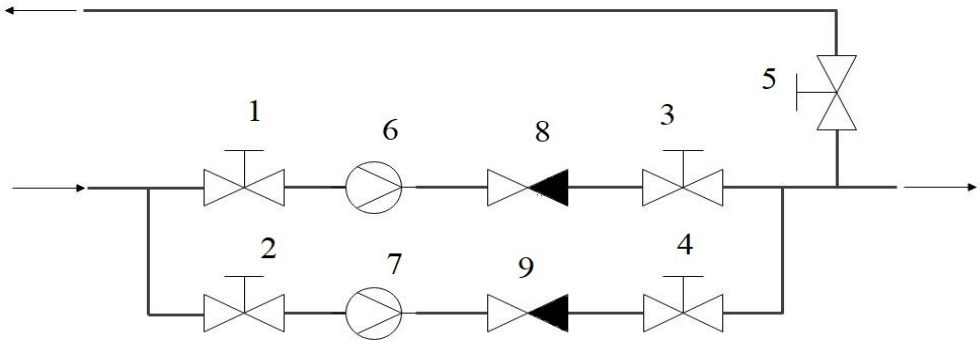


Рис. 1. Гидравлическая схема насосной станции
1 – 5 – задвижки; 6 – 7 – центробежные насосы; 8 – 9 – обратный клапан

Принципиальная электрическая схема электропривода насоса до модернизации представлена на рис. 2.

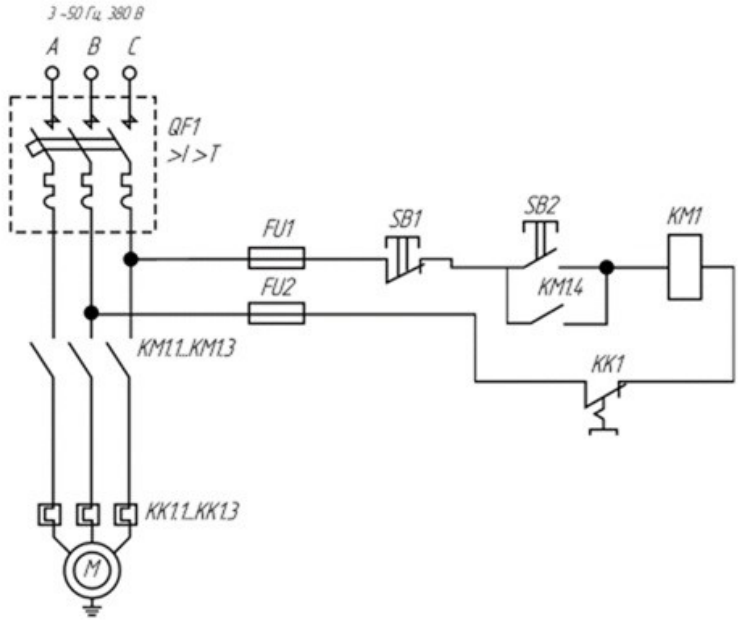


Рис. 2. Электрическая схема электропривода насоса до модернизации

Данный нерегулируемый электропривод насоса имеет следующие недостатки:

– электродвигатель насоса вращается с постоянной скоростью;

– возникновение гидроударов при пуске насоса;

– отсутствие плавного регулирования производительности;

– из-за использования регулирования производительности дросселированием, возникают большие потери, что приводит к неэффективному расходу электроэнергии.

Модернизация, которая будет достигнута внедрением частотного преобразователя(ПЧ) и современной элементной базы, имеет следующие цели:

– обеспечение плавного регулирования производительности насоса, что позволит в сочетании с автоматической системой управления снизить энергопотребление;

– обеспечение оптимального пускового режима: устранение гидроударов, ограничение пусковых токов.

Опираясь на техническую источники была рассчитана мощность двигателя для привода центробежного насоса 7,35 кВт, был выбран двигатель исходя из рассчитанной мощности, а также способ механической передачи:

– электродвигатель АИР112М2 мощностью 7,5 кВт;

– упругая втулочно-пальцевая муфта МУВП – 31,5.

Источники

1. Минаев А.В., Карелин В.Я. – «Насосы и насосные станции», Стройиздат 1976г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.proektant.org/books/1986/1986_Karelin_V_Ya_Minaev_A_V_Nasosy_i_nasosnye_stancii_Uchebnik_dlya_vuzov.pdf

2. Курганов А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения: учебное пособие / Москва; Санкт –Петербург: «АСВ»; СПбГАСУ, 1998. – 246 с.[Электронный ресурс]. – URL:http://amac.md/Biblioteca /data/28/14/08/ Vodoprovod/ Kurganov.pdf

3. Каталог центробежных насосов 2К [Электронный ресурс]. – URL:http://www.artr.ru/Pompa/ArmaTrade_pompa_water/ArmaTrade_pompa_water_K_1K_2K/ArmaTrade_pompa_water_Liv_2K.htm

4. Копылов И.П., Клоков В.Г. Справочник по электрическим машинам / М.: Энергоиздат, 1988. – 260 с.

5. Электродвигатели АИР [Электронный ресурс]. – URL: https://megavattspb.ru/prod1-1-th.html

6. Муфта МУВП [Электронный ресурс]. – URL: *https://rosmufta.com/catalog/mufti _uprugie/muvp/*

УДК 621

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ

Таначев Георгий Павлович[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]egor-tanachev@mail.ru

Аннотация: в данной статье рассматриваются режимы работы электроприводов штанговых скважинных насосных установок. Как известно, технологические процессы добычи нефти требуют больших энергетических затрат. Это объясняется тем, что большинство нефтедобывающих скважин эксплуатируются в неэффективных режимах с дополнительными потерями энергии. Электрические приводы штанговых насосных установок работают в тяжелых режимах эксплуатации по причине того что, они выбираются с большим запасом по мощности, а нагрузка имеет циклически изменяющийся характер. Изменение нагрузки в каждом цикле качания приводит к изменению характеристик электродвигателя, в том числе к изменению КПД и коэффициента мощности cos φ.

Ключевые слова: электропривод, скважинный штанговый насос, электродвигатель.

PROBLEMS OF ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC DRIVES OF ROD BOREHOLE PUMPS

Tanachev Georgy Pavlovich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2]
[1,2]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1,2]egor-tanachev@mail.ru

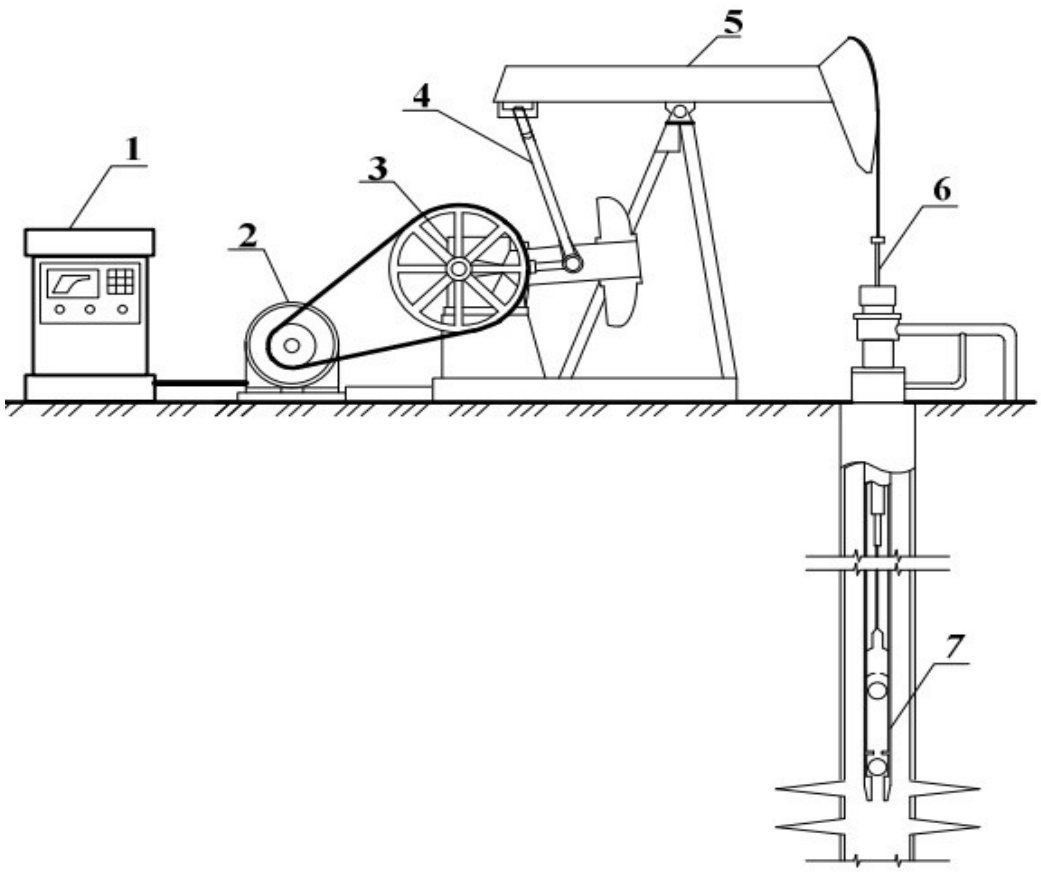
Abstract: *This article discusses the operating modes of electric drives of rod borehole pumping units. As it is known, the technological processes of oil production require large energy costs. This is due to the fact that most oil-producing wells are operated in inefficient modes with additional energy losses. Electric drives of rod pumping units operate in heavy operating conditions due to the fact that they are selected with a large margin in power, and the load has a cyclically changing character. Changing the load in each swing cycle leads to a change in the characteristics of the electric motor, including a change in efficiency and power factor*

Keywords: *electric drive, downhole sucker rod pump, electric motor.*

Одним из основных способов механизированной добычи нефти является использование скважинных штанговых насосов (СШН). В России установки СШН используются в около 40 % скважин, обеспечивающих до 20 % всей добываемой нефти [1]. На месторождениях Канады и США, использование скважинных штанговых насосов является основным способом эксплуатации скважин. Несмотря на то что, в последние годы

доля использования СШН снижается, уступая свое место наиболее производительным погружным насосам, данный метод добычи нефти будет еще долго применяться. Основными достоинствами СШН является более высокий КПД, меньшие удельные затраты электроэнергии на добычу флюида, использование в качестве привода электрических двигателей (ЭД) в общепромышленном исполнении, а также возможность использования в сложных условиях.

Упрощенная схема установки СШН представлена на рисунке. Данный комплекс оборудования состоит из двух подсистем: поверхностной и погружной. Поверхностная подсистема включает в себя станцию управления 1, электродвигатель 2, редуктор 3, кривошипно-шатунный механизм 4; балансир 5. Погружная подсистем состоит из колонны штанг 6 и СШН 7.



Упрощенная схема установки СШН

Для привода установок скважинных штанговых насосов используются низкооборотные трехфазные асинхронные электродвигатели напряжением 0,4 кВ мощностью до 55 кВт с повышенным пусковым моментом серий АИР, 5А и др. Нельзя не отметить, что в эксплуатации

находятся большое количество морально и физически устаревших электрических двигателей серий АОП, АО2, АОП2, 4А, 3А, а также ЭД зарубежного производства. Синхронная частота вращения составляет 500, 750, 1000 или 1500 об/мин [2].

Невысокие энергетические характеристики электроприводы установок СШН связаны прежде всего с режимами работы, которые обусловлены технологическими особенностями: циклически изменяющийся характер нагрузки; необходимость большого запаса по мощности в следствие чего большую часть времени ЭД остается недогруженным [3]; снижение КПД из-за большого количества промежуточных элементов между ЭД и насосом, в каждом из которых происходят потери энергии.

Для пуска в ход установки, особенно в зимний период, необходим значительный запас мощности. В результате этого, после пуска установки, ЭД работает недогруженным с пониженными значениями КПД и коэффициента мощности cos φ.

Промежуточные элементы между ЭД и насосом, необходимы для преобразования быстрого вращения вала электродвигателя в медленное возвратно-поступательное движение колонны штанг. Для этого используют последовательное соединение таких элементов как: колонна штанг, канатная подвеска, балансир, кривошипно-шатунный механизм, редуктор, клиноременная передача. Существуют и более современные механизмы приводов, например цепные и линейные приводы, которые обеспечивают более высокий КПД при передаче энергии от ЭД до насоса. Но стоит отметить что большая часть действующего фонда скважин оснащена традиционными станками-качалками(СК).

Циклический характер нагрузки обуславливается принципом работы СШН и кинематикой станка-качалки. Для того чтобы выровнять нагрузку внутри цикла качания применются уравновешивающие грузы, но точно сбалансировать установку СШН достаточно сложно. Это вызывает дополнительные потери электроэнергии [4].

Эксплуатация скважин с высоковязкой продукцией также сопровождается дополнительными потерями электроэнергии [5].

Энергоэффективность скважинных насосов для добычи нефти, в современных экономических условиях, приобретает особую актуальность, так как одной из основных составляющих себестоимости добываемого сырья является стоимость электроэнергии.

Источники

1. Хакимьянов М.И. Повышение энергетической эффективности скважинных насосов механизированной добычи нефти // Энергетик. 2016. № 5. С. 36–38.

2. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности: учебник для вузов. М.: ОАО «Издательство «Недра», 2000. 487 с.

3. Мугалимов Р.Г., Закирова Р.А., Мугалимова А.Р. Энергоэффективные асинхронные двигатели, техникоэкономические преимущества и оптимизация себестоимости их создания // Электротехнические системы и комплексы. 2016. № 2(31). С. 30–34.

4. Хакимьянов М.И. Удельный расход электроэнергии при механизированной добыче нефти штанговыми глубиннонасосными установками // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 1(62). С. 124–130.

5. Конесев С.Г., Хакимьянов М.И., Хлюпин П.А., Кондратьев Э.Ю. Современные технологии добычи высоковязких нефтей // Электротехнические системы и комплексы. 2013. № 21. С. 301–307.

УДК 338.2

ПРИЧИНЫ РОСТА СПРОСА НА ЭНЕРГИЮ В ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Фардукова Алия Ильнаровна[1], Гибадуллина Эльвина Ильшатовна[2],
Бурганов Раис Абрарович [3]
[1,2.3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]a.fardukova@mail.ru, [2]elvinagibadullina2002@gmail.com, [3]burganov-r@mail.ru

Аннотация: В тезисе доклада рассматриваются особенности роста спроса на энергию в секторе домашнего хозяйства. Проводится анализ роста спроса на энергию в 2019 году, выявляются основные факторы, оказывающие влияние на спрос, а также определяются составляющие энергопотребления в дом. хозяйствах. Итогом работы является прогноз спроса на энергию в домашних хозяйствах мира и России.

Ключевые слова: энергосбережение, энергопотребление, спрос, домашние хозяйства, энергия.

REASONS FOR THE GROWTH IN HOUSEHOLD ENERGY DEMAND

Fardukova Aliya Ilnarovna[1], Gibadullina Elvina Ilshatovna[2],
Burganov Rais Abrarovich [3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]a.fardukova@mail.ru, [2]elvinagibadullina2002@gmail.com, [3]burganov-r@mail.ru

Abstract: *This thesis examines the features of the growth in energy demand in the household sector. The analysis of the growth in energy demand in 2019 is carried out, the main factors influencing the demand are identified, and the components of energy consumption in households are determined. The result of the work is the forecast of energy demand in households in the world and in Russia.*

Keywords: *energy efficiency, energy saving, energy consumption, demand, households, energy, consumption growth.*

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни. Потребление и выработка электроэнергии в Единой энергосистеме России растёт поступательно на протяжении последних 10 лет. В 2019 г. выработка выросла по сравнению с 2018 г. на 0,9 % до 1 080,6 млрд кВт•ч, потребление увеличилось на 0,4 % и составило 1 059,4 млрд кВт•ч.[1].

Большую роль в потреблении электроэнергии играет поведение домашних хозяйств в энергосбережении. Однако, рост производства и потребления энергии, с одной стороны – ключевое условие и индикатор экономического развития, с другой – фактор роста нагрузки на окружающую среду, рисков дефицита энергетических ресурсов и природно-техногенных катастроф. Отдельные проблемы в энергопотреблении рассмотрены в ряде научных изданий [2], [3], [4]. Каковы же причины роста спроса на энергию в домашних хозяйствах?

Это может быть связано со многими причинами и факторами. В частности, рост широкого применения технических устройств, приводимых в движение различными источниками энергии. В руках населения имеется большое количество гаджетов, ежедневно к электросети включаются миллионы пользователи электроэнергии. В результате терциаризации экономики в настоящее время повсеместное применение электричества почти удвоило суточную норму активной деятельности человека и резко увеличило время для образования, культуры, развлечений. Также можно отметить повышение роли энергии для обогрева домов и приготовления пищи, что дает возможность жить в различных климатических условиях и разнообразить пищевой рацион человека.

Энергопотребление в домашних хозяйствах включает использование энергии на отопление, кондиционирование, горячее водоснабжение, приготовление пищи, освещение и т.д. На объемы использования разных видов энергоносителей в секторе влияют уровень доходов, стоимость энергии, возможности энергоснабжения, теплозащитные характеристики зданий, климат, эффективность и разновидности используемых приборов и оборудования, доступность источников энергии и их наличие, а также политика государства в вопросах энергосбережения и энергоэффективности. В соответствии со Схемой и программой развития Единой энергетической системы России на 2019–2025 гг., утверждённой Минэнерго России, величина на электрическую энергию по ЕЭС России в 2024г. оценивается в размере 1 138,9 млрд кВт•ч, производство электроэнергии – 1 153,1 млрд кВт•ч. Описание перспективных балансов мощности и электроэнергии по ЕЭС России раскрыто в Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 г., утверждённой Правительством РФ в 2017у г. В документе рассмотрены два варианта долгосрочного прогноза: базовый, характеризующийся среднегодовым темпом роста электропотребления на уровне 1,3 %, и минимальный – с темпами роста электропотребления на уровне 1 %. Прирост потребности в

электроэнергии в 2035 г. по базовому варианту составляет около 24 %, по минимальному – 20 % относительно 2020 г.[1] В соответствии с базовым вариантом прогноза, выполненного Энергетическим информационным агентством США, с перспективой до 2040 г., рост потребления энергии домохозяйствами в мире будет продолжаться. Предполагается, что в период до 2040 г. оно будет возрастать ежегодным темпом 1,5% и увеличится на 57%. К 2040 г. на сектор домохозяйств будет приходиться 14% мирового потребления энергии. Долгосрочные тенденции изменения энергопотребления в домохозяйствах России в целом соответствуют мировым. Однако имеется некая особенность – большая доля централизованного тепла в структуре потребления энергоносителей из-за сурового климата и доминирования многоквартирных жилых домов [5].

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что спрос на энергию еще в течение продолжительного времени будет расти, так как растет количество населения в мире, происходит прогресс в сфере технологий, с каждым днем появляются новые виды потребностей людей. Электроэнергия играет важную роль в жизни каждого человека, сопровождая его повсюду. Количество электроприборов, окружающих нас увеличивается из года в год. Электрический свет, тепло, горячая вода, столь необходимые для полноценного уюта и комфорта в доме, также поступают нам благодаря электроэнергии.

Примечание. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00099 «Теоретико-методологические подходы к разработке моделей энергосберегающего поведения домашних хозяйств в природоподобной экономике».

Источники

1. ИНТЕРРАОЕЭС. Электроэнергетика России, 2020г. [Электронный ресурс] https://ar2019.interrao.ru/ru/strategic-report/market-overview/electric-power-russia. (дата обращения: 12.10.21).

2. Бурганов Р.А., Алтынбаева Э.Р. Решение институциональных проблем как фактор стабильного развития электроэнергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 9-10. С. 111-115.

3. Burganov R.A., Misbakhov R.S., Gureev V.M., Mukhametova L.R./ Burganov R.A., Misbakhov R.S. – Текст : непосредственный // Methodological aspects of the driver of economic growth and energy // Ponte. 2016. - Т. 72. - № 5. - С. 78-82.

4. Бурганов Р.А. Энергопотребительская теория фирмы: монография. - Москва: Проспект, 2021. - 96 с.

5. Гельперова Е.Е. .Анализ долгосрочных тенденций потребления энергоресурсов домашними хозяйствами, 2019г. [Электронный ресурс] https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/07/analiz-dolgosrochnyh-tendentsij-potrebleniya-energoresursov-domohozyajstvami.pdf. (дата обращения: 12.10.21).

УДК 621-313.3

АНАЛИЗ КОНФИГУРАЦИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА ДОБЫЧИ НЕФТИ

Халфина Гульназ Ильдаровна [1], Найдышева Алина Антоновна [2]
[1,2] ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г. Казань, Россия
[1]khalfina2000@mail.ru, [2]chichikovnedurak@mail.ru

Аннотация: В данной статье проанализированы различные виды конфигураций систем электроснабжения нефтедобывающих предприятий в зависимости от места добычи нефти и представлены конфигурации в таких районах как степные и пустынные, а также в тайге и тундре.

Ключевые слова: нефтедобывающее предприятие, система электроснабжения, конфигурация, метод.

ANALYSIS OF CONFIGURATIONS OF POWER SUPPLY SYSTEMS DEPENDING ON THE PLACE OF OIL PRODUCTION

Gulnaz Ildarovna Khalfina[1], Alina Antonovna Naydysheva[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», Kazan, Russia
[1]khalfina2000@mail.ru, [2]chichikovnedurak@mail.ru

Abstract: *This article analyzes various types of configurations of power supply systems of oil-producing enterprises depending on the place of oil production and presents configurations in such steppe and desert areas, as well as in the taiga and tundra.*

Keywords: *oil-producing enterprise, power supply system, configuration, method*

В Российской Федерации нефтяная промышленность составляет основную часть в формировании государственного бюджета, нефтяные продукты находят применение во многих сферах. На месторождениях нефть добывается двумя способами: фонтанирующий, при которой нефть поднимается на поверхность за счёт действия пластового давления, второй, искусственный за счет погружения насосов, в России нефтяные скважины в основном оборудованы электроцентробежными насосами, менее оснащены штанговыми глубинными насосами, фактором, повлиявшим на это, является более высокая производительность электроцентробежных насосов. На сегодняшний день идет тенденция оборудования насосов синхронными электродвигателями, взамен на трехфазные асинхронные [1].

Многие факторы влияют на конфигурацию системы электроснабжения предприятий, добывающих нефть, например, рельеф местности, ее растительность, наличие поблизости населенных пунктов, болот и т.п.

Для создания конфигураций в степных и пустынных районах совместно используют Алгоритм Прима и метод Штейнера для определения наименьшего числа зон и центров генерации, а также с последующим применением дополнительных точек Ферми-Торичелли-Штейнера для составления наикратчайшего пути соединения линий электропередач между скважин. [2]

На рис.1. представлена конфигурация в пустынном и степном районе в основном электропитание нефтяных скважин осуществляется от дизель-генератора используя воздушные линии электропередач. [3]

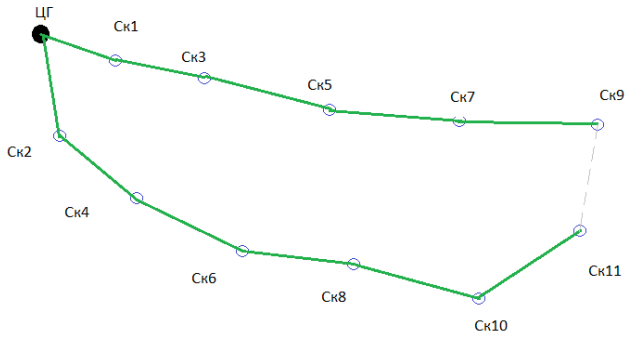


Рис.1. конфигурация системы электроснабжения в пустынном и степном районе

Кроме того, существует вариант с дополнительными скважинами, представленный на рис.2., здесь есть вероятность потери добычи нефти из-за отсутствия резервного питания.

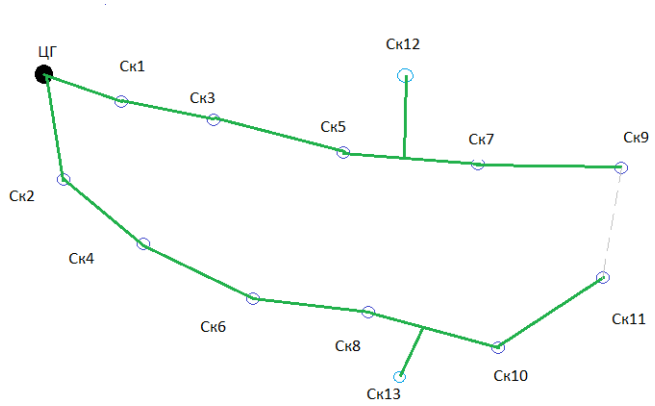


Рис. 2. конфигурация системы электроснабжения в пустынном и степном районе с дополнительными скважинами

Также еще одним месторождением нефти является тайга и тундра, которые богаты хвойными лесами и болтами. Вследствие заболоченной поверхности, высокой влажности воздуха, сильных ветров и мерзлоты, нефтедобыча затруднена, поэтому используют погружные электроцентробежные насосы для добычи нефти. Воздушные линии электропередач прокладываются вдоль дорог, в следствии этого, нет необходимости применять метод Прима с последующим использованием метода Штейнера, а для конфигурации систем электроснабжения применяют Гамильтонов цикл.[4] Как результат, получаем примерную конфигурацию, представленную на рис.3.

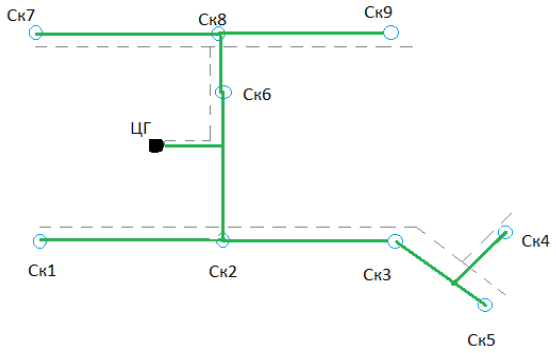


Рис. 3. Конфигурация системы электроснабжения в тундре и тайге

Рассмотрены возможные виды конфигураций систем электроснабжения для нефтедобывающих предприятий в зависимости от особенностей рельефа местности. В отличие от степных и пустынных районов в тундре и тайге линии воздушных электропередач зависит от транспортной сети. Для каждого района нужно применять различные алгоритмы для построения конфигурации, но для обоих следует использовать двух-цепные линии электропередач [5], которые удобнее в монтаже, а также благодаря которым повышается надежность.

Источники

1. Городнов А.Г. Построение энергоэффективных электротехнических комплексов с автономной системой электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2020. Том 22. №3.

2. Ивановский В.Н. Энергетика добычи нефти: основные направления оптимизации энергопотребления // Инженерная практика, 2011. №6. С. 18-26.

3. Городнов А.Г. Влияние места добычи нефти на конфигурацию системы электроснабжения нефтедобывающего предприятия // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Достижения фундаментальных и прикладных исследований технических и физико-математических наук» (Магнитогорск, 08.05.2020 г.). Стерлитамак: АМИ, 2020. с. 7 – 9

4. Городнов А.Г., Оценка энергоэффективности электротехнического комплекса нефтедобывающего предприятия с автономной системой электроснабжения // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Инновационная наука в глобализующемся мире» (Уфа, 15-16 марта 2020 г.). 2020. с. 30-31

5. Городнов А.Г. Построение системы электроснабжения нефтедобывающего предприятия на основе Гамильтонова цикла // Техническая и технологическая модернизация России: проблемы, приоритеты, перспекитивы: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Челябинск, 23 марта 2020 г.) 2020. с. 9-11.

6. Городнов А.Г. Построение энергоэффективных электротехнических комплексов с автономной системой электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2020. Том 22. №3.

УДК 621

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В НОЧНЫЕ ПЕРИОДЫ

Цветкова Анастасия Алексеевна[1], Цветков Алексей Николаевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*tsvetkov9@mail.ru*

Аннотация: в статье рассматриваются методы повышения энергоэффективности вентиляционных установок предприятий с дневным режимом работы, не имеющих возможность отключения вентиляции в ночное время с целью обеспечения отведения излишней влаги из помещений, предложены и проанализированы способы снижения расхода электрической и тепловой энергии
Ключевые слова: вентиляционная установка, система вентиляции, частотный преобразователь, система управления, энергоэффективность

INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF THE VENTILATION SYSTEM DURING NIGHT PERIODS

Tsvetkova Anastasia Alekseevna1, Tsvetkov Aleksey Nikolaevich2
[1.2] FSBEI HE "Kazan State Power Engineering University",
Kazan, Russia
[1,2]*tsvetkov9@mail.ru*

Abstract: *the article discusses methods for increasing the energy efficiency of ventilation installations of enterprises with daytime operation, which do not have the ability to turn off ventilation at night in order to ensure the removal of excess moisture from the premises, proposed and analyzed ways to reduce the consumption of electrical and thermal energy*
Key words: *ventilation unit, ventilation system, frequency converter, control system, energy efficiency*

Задачи, возлагаемые на вентиляционные установки, заключаются в необходимости поддержания требуемого уровня влажности, температуры и обеспечении требуемого объема обмена воздуха. В их состав входят приточные и вытяжные системы. В большинстве предприятий с дневным режимом работы, для экономии электрической и тепловой энергии осуществляют отключение вентиляционных установок в нерабочее время. Но существуют предприятия с дневным графиком работы, и не допускающие отключения вентустановок на ночь, например, из за высокой

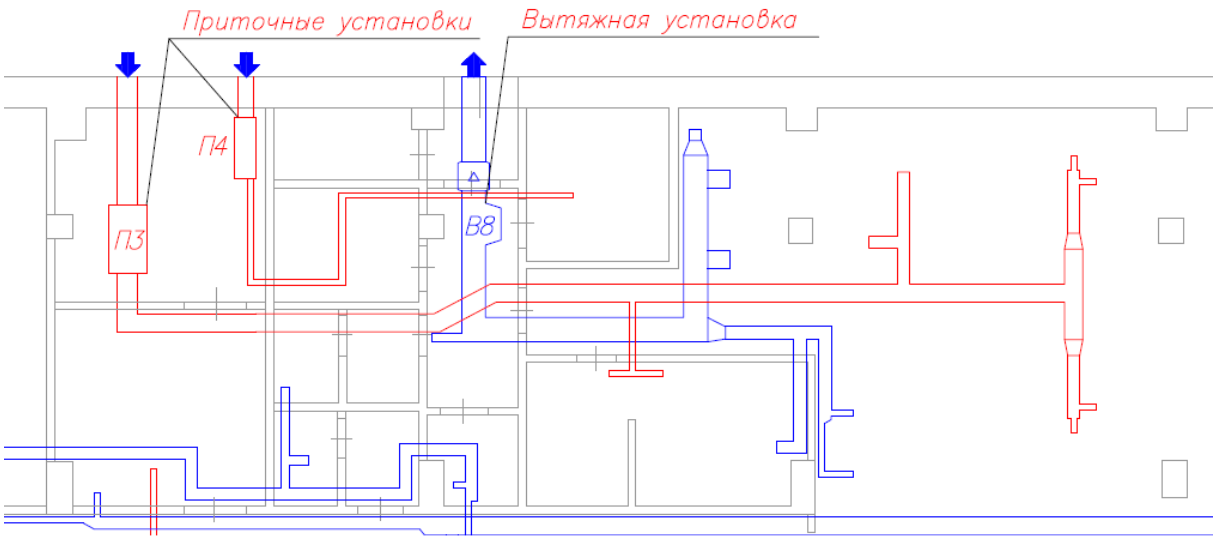
влажности. К таким предприятиям относятся спортивно-оздоровительные комплексы и бани.

В режиме подсушивания помещений и поддержания температуры в холодное время года не обязательно выводить вентустановку на полный режим, при этом достаточно снизить количество воздушного потока и температуру подаваемого воздуха.

Снижение температуры подаваемого воздуха однозначно приводит к снижению расхода тепловой энергии, так как необходимо меньше гигакалорий тепла на то же самое количество подаваемого воздуха.

Электрическую энергию позволяет сэкономить снижение количества подаваемого воздуха, так как в ночное время источники влажности пропадают и достаточно обеспечивать воздухообмен, необходимый только для отвода накопившихся за день излишков влажности, так сказать просушить помещения. Пример участка вентиляционной системы приведен на рисунке.

Просто отключив приточные установки и оставив только вытяжные, можно получить эффект захолаживания здания, когда из за небаланса давлений в помещение может проникать наружный холодный воздух, и к утру следующего дня может возникнуть некомфортная среда с пониженной температурой, при прогреве которой снова может возрасти влажность.



Участок системы приточной и вытяжной вентиляции предприятия

Наоборот, отключив вытяжные установки и оставив приточные получается эффект запертого воздуха, при этом при сохраняющейся

температуре помещения происходит насыщение воздуха влагой и к утру получаются теплые, но влажные помещения.

Значит для снижения объема воздуха, прокачиваемого через помещения, необходимо снизить производительность как приточных, так и вытяжных установок. В качестве регулирования производительности вентиляции применяются шиберирование или частотное регулирование скорости вращения вентиляторов. Шиберирование представляет собой изменение сечения вентиляционного канала, при этом скорость вентилятора не меняется, в связи с чем данный способ не является энергоэффективным.

Наиболее энергоэффективным способом является применение частотных регуляторов на приточных и вытяжных установках. Чаще всего частотные регуляторы применяются на приточных установках, реже на вытяжных. Поэтому основная задача модернизации вентиляционной системы предприятий чаще всего заключается в установке частотных преобразователей на вытяжных установках, расчете минимальной производительности вентиляции в ночное время и введении системы управления, осуществляющей переход в ночное время на пониженную частоту вращения, а в дневное возврат к нормальной.

В итоге, при наличии на предприятии системы мониторинга и диспетчеризации оборудования, задача внедрения системы управления производительностью сводится к введению алгоритма задания скоростей вращения электродвигателей вентиляторов в зависимости от заданного времени. При этом многие современные вентиляционные установки позволяют системе управления производить изменение требуемой температуры, например понижать температуру подаваемого в помещение воздуха на 1…2 градуса, это даст дополнительный эффект экономии тепловой энергии.

Источники

1. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветков А.Н. Синтез и реализация цифрового регулятора высокого порядка на программируемом логическом контроллере. В сборнике: Труды IX международной (XX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2016. 2016. С. 187-190.

2. Полковников Р.Н., Якухин В.А. Использование контура горячего водоснабжения для подогрева воды в бассейне современные тенденции развития науки и технологий №3-3 2017г.

3. Горковенко А.А., Хоничев Ю.В. Повышение энергоэффективности плавательного бассейна Тогу. Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции фад Тогу Том: 2. 2010г.

4. Доан Нгок Ши, Цветков А.Н. Использование элементов системы электроснабжения в качестве датчиков параметров в системах автоматизированного управления. IV Международная научно-практическая конференция «достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» Альметьевск, 16–18 октября 2019 года.

УДК 621.548

СТАБИЛИЗАЦИЯ МОМЕНТА ВЕТРОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ СРЕДСТВАМИ НЕЙРОСЕТЕВОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Чепига Андрей Александрович[1], Корытченкова Елена Евгеньевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва, Россия
[1]*andreychepiga@yandex.ua,* [2]*e.e.korytchenkova@gmail.com*

Аннотация: В данной работе представлен алгоритм стабилизации момента ветроустановки с синхронным генератором с постоянными магнитами. Метод основан на разработке нейросетевого наблюдателя и обеспечивает компенсацию колебаний мощности ветрового потока, что, соответственно, позволяет снизить уровень колебаний активной мощности генератора.

Ключевые слова: ветроустановка, синхронный генератор с постоянными магнитами, нейросетевой наблюдатель.

STABILIZATION OF THE TORQUE OF WIND TURBINE WITH VARIABLE ROTATION SPEED BY MEANS A NEURAL NETWORK OBSERVER OF THE POWER FACTOR

Chepiga Andrey Alexandrovich [1], Korytchenkova Elena Evgenyevna [2]
[1,2] "NRU "MPEI", Moscow
[1]*andreychepiga@yandex.ua,* [2]*e.e.korytchenkova@gmail.com*

Abstract: *This paper presents an algorithm for stabilizing the moment of a wind turbine with a synchronous generator with permanent magnets. The method is based on the design of a neural network observer and provides compensation for fluctuations in the power of the luminous flux, which, accordingly, reduces the level of fluctuations in the active power of the generator.*

Keywords: *wind turbine, synchronous generator with permanent magnets, neural network observer.*

С возрастанием в энергетике доли возобновляемых источников важное значение приобретает качество энергии, которую они поставляют в сеть. Эта проблема особенно актуальна для ветровых генераторов, поскольку скорость ветрового потока является очень нестабильной величиной, а следовательно, при отсутствии качественного регулирования, нестабильной будет и выходная мощность ветрогенератора [1].

Поэтому крайне важной задачей для исследователей является стабилизация вращающего момента ветрогенератора [2]. Он возникает на основе таких параметров, как скорость ветра, угол наклона лопасти и частота вращения генератора [3].

Уровень этого момента можно рассчитать по формуле:

$$M_w = \frac{c_{pw}(\lambda,\delta)}{w_г} \cdot \frac{\pi \cdot \rho}{2} \cdot V_в^3 \cdot R^2. \quad (1)$$

Быстроходность ветроколеса рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{w_g \cdot R}{V_w \cdot u_r}, \quad (2)$$

где u_r – коэффициент передачи, установленный между ветротурбиной и генератором для согласования скорости.

При расчете по формуле (1) крутящего момента, который создается ветром, основная трудность заключается в определении коэффициента мощности c_{pw} ветротурбины. Этот коэффициент представляет собой сложную нелинейную зависимость между быстроходностью ветроустановки λ и установочным углом поворота лопасти δ (рис. 1).

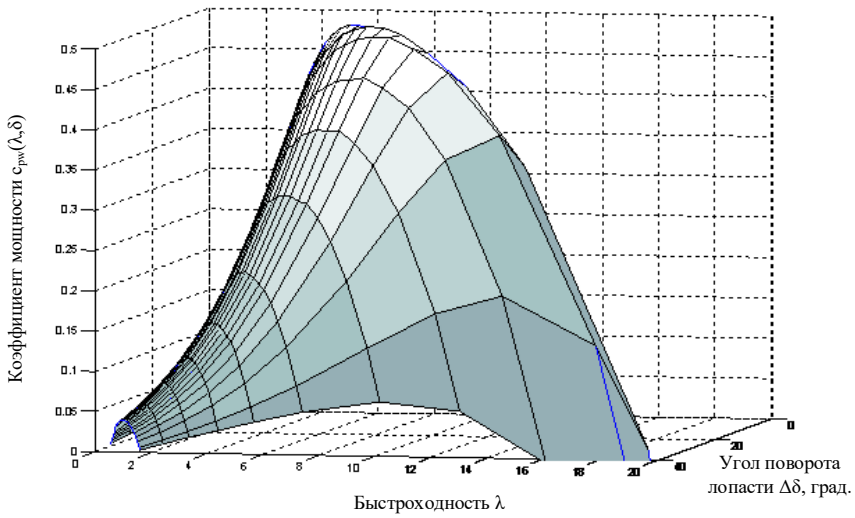


Рис. 1. Расчетная зависимость коэффициента мощности ветроколеса c_{pw} от быстроходности λ и углом поворота лопасти $\Delta\delta$ [2]

Так как невозможно получить аналитическую зависимость коэффициента мощности ветроколеса от быстроходности и угла поворота лопасти, поэтому зависимость, приведенная на рис. 1, является набором точек. Поэтому для оценки производной $dc_{pw}/d\delta$ целесообразно

использовать нейросеть, с помощью которой можно воспроизвести показанную нелинейную зависимость [4].

Для воспроизведения нелинейной зависимости коэффициента мощности ветроколеса от быстроходности и угла поворота лопасти нейроны объединяются в нейросеть [5]. Нейросеть состоит из трех слоев. Первый слой состоит из пяти нейронов с функцией тангенс гиперболический, второй слой – три нейрона с такой же функцией, третий слой содержит один линейный нейрон.

Использование нейросетевого наблюдателя коэффициента мощности позволяет снизить уровень колебаний момента, а значит и активной мощности генератора, примерно на порядок по сравнению с концепцией прямого подключения синхронного генератора к сети, что, безусловно, положительно сказывается на качестве сетевого напряжения с точки зрения соответствия его международным требованиям.

Источники

1. C. Lumbreras, J. M. Guerrero, D. Fernandez, D. Diaz, C. Gonzalez, F. Briz, “Analysis and Control of the Inductorless Boost Rectifier for Small Power Wind Energy Converters,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 55, pp. 689 – 700, Jan.- Feb. 2019.

2. A. Lebioda, K. Rudion, A. Orths, Z. Styczynski, “Investigation of disposable reserve power in a large-scale wind farm, " 2005 IEEE Russia Power Tech, 27-30 June 2005.

3. E. Ebrahimzadeh, F. Blaabjerg, X. Wang, S. L. Bak, “Reducing Harmonic Instability and Resonance Problems in PMSG-Based Wind Farms,” IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 6, pp. 73 – 83, March 2018.

4. G. Rigatos, N. Zervos, D. Serpanos, V. Siadimas, P. Siano, M. Abbaszadeh, “Condition Monitoring of Wind-Power Units Using the H-Infinity Kalman Filter, " 2019 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), 18-20 March 2019.

5. N. Bianchi, A. Lorenzoni, " Permanent magnet generators for wind power industry: an overall comparison with traditional generators,” International Conference on Opportunities and Advances in International Power Generation, 18-20 March 1996.

УДК 519.71

ГРАДИЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ КВАДРАТА НЕВЯЗКИ

Чиляева Маргарита Романовна[1], Малёв Николай Анатольевич[2],
Погодицкий Олег Владиславович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2,3]maleeev@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается показатель качества функционирования системы управления электропривода (СУЭП), основанный на невязке – разности эталонного и реального значений выходной координаты электропривода. Проведена математическая постановка задачи идентификации вектора параметров СУЭП при показателе качества, равном квадрату невязки. Показана обобщенная процедура определения оценок параметров СУЭП на основе вычисления градиента показателя качества по вектору вариаций нестабильных параметров.

Ключевые слова: качество функционирования, идентификация параметров, градиентный алгоритм, невязка, электропривод.

GRADIENT ALGORITHM FOR IDENTIFICATION OF THE PARAMETERS ELECTRIC DRIVE WITH THE APPLICATION OF A DISCREPANCY SQUARE

Chilyaeva Margarita Romanovna[1], Malev Nikolay Anatolievich[2],
Pogoditsky Oleg Vladislavovich[3]
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1,2,3]maleeev@mail.ru

Abstract: *The paper considers the indicator quality of functioning of the electric drive control system (EDCS), based on the discrepancy - the difference between the reference and real values of the output coordinates electric drive. The mathematical formulation of the problem identifying the parameters vector of the EDCS is carried out with a quality indicator equal to the squared discrepancy. A generalized procedure for determining the estimates of the parameters EDCS is shown on the basis of calculating the gradient of the quality indicator according to the vector of unstable parameters variations.*

Keywords: *quality of functioning, identification of parameters, gradient algorithm, discrepancy, electric drive.*

Качество функционирования СУЭП может оцениваться различными показателями. Широкое применение находят показатели качества, основанные на невязке [1, 2]

$$\varepsilon(t) = y_o(t) - y_m(t), \tag{1}$$

представляющей собой разность между реальным $y_o(t)$ и эталонным $y_m(t)$ значениями выходной координаты СУЭП. Сравнительно простой с точки зрения вычислительных затрат вариант реализации алгоритма идентификации параметров СУЭП обеспечивается при показателе качества функционирования, основанном на квадрате невязки [3, 4]

$$J = \varepsilon^2(t), \tag{2}$$

который в векторно-матричной форме принимает вид

$$J = (\mathbf{Y}_o - \mathbf{Y}_m)^{\mathrm{T}} (\mathbf{Y}_o - \mathbf{Y}_m). \tag{3}$$

Рассмотрим процедуру идентификации вектора параметров $\boldsymbol{\chi}$ на основе выражения (3).

Собственное движение электропривода представим выражением

$$\quad t), \tag{4}$$

где $\mathbf{x}$ – вектор фазовых координат электропривода.

Дополнительное движение $\boldsymbol{\Delta x}$ от вариаций вектора параметров $\boldsymbol{\Delta\chi}$ запишется как

$$\boldsymbol{\Delta x} = \mathbf{F}(\boldsymbol{\Delta\chi}). \tag{5}$$

Для получения оценки вектора $\hat{\boldsymbol{\chi}}$ необходимо решить обратную задачу согласно отношения

$$\boldsymbol{\Delta\chi} = \mathbf{F}^{-1}(\boldsymbol{\Delta x}). \tag{6}$$

Реальное значение переменных состояния СУЭП зависит от вектора параметров $\boldsymbol{\chi}$ и определяется выражением

$$\mathbf{x}_o(\boldsymbol{\chi}) = \mathbf{x}_m + \mathbf{x}_\chi \boldsymbol{\Delta\chi}, \tag{7}$$

где $\mathbf{x}_m$ – эталонное значение вектора состояния модели СУЭП.

С учётом (7) показатель качества (3) для вектора промежуточных фазовых координат электропривода принимает вид

$$J = \left(\boldsymbol{\Delta x} - \mathbf{x}_\chi \boldsymbol{\Delta\chi}\right)^{\mathrm{T}} \left(\boldsymbol{\Delta x} - \mathbf{x}_\chi \boldsymbol{\Delta\chi}\right), \tag{8}$$

где $\boldsymbol{\Delta x} = \mathbf{x}_o - \mathbf{x}_m$ – дополнительное движение.

Оценку вектора $\hat{\boldsymbol{\chi}}$ определяем, исходя из условия минимума критерия J. Раскроем скобки в выражении (8)

$$J = \boldsymbol{\Delta x}^{\mathrm{T}} \boldsymbol{\Delta x} - \boldsymbol{\Delta\chi}^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi^{\mathrm{T}} \boldsymbol{\Delta x} - \boldsymbol{\Delta x}^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi \boldsymbol{\Delta\chi} + \boldsymbol{\Delta\chi}^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi \boldsymbol{\Delta\chi}$$

и продифференцируем полученный результат по вектору вариаций $\boldsymbol{\Delta\chi}$:

$$\frac{\partial J}{\partial(\boldsymbol{\Delta\chi})} = -\mathbf{x}_\chi^{\mathrm{T}} \boldsymbol{\Delta x} - \boldsymbol{\Delta x}^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi + 2\boldsymbol{\Delta\chi}^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi^{\mathrm{T}} \mathbf{x}_\chi. \tag{9}$$

Приравняем выражение (9) к нулю:

$$2\Delta\boldsymbol{\chi}^{\mathrm{T}}\mathbf{x}_{\chi}^{\mathrm{T}}\mathbf{x}_{\chi} = \mathbf{x}_{\chi}^{\mathrm{T}}\Delta\mathbf{x} + \Delta\mathbf{x}^{\mathrm{T}}\mathbf{x}_{\chi} \tag{10}$$

и введём обозначения

$$\mathbf{P}_1 = 2\mathbf{x}_{\chi}^{\mathrm{T}}\mathbf{x}_{\chi} \text{ и } \mathbf{P}_2 = \mathbf{x}_{\chi}^{\mathrm{T}}\Delta\mathbf{x} + \Delta\mathbf{x}^{\mathrm{T}}\mathbf{x}_{\chi}. \tag{11}$$

Из выражений (10) и (11) видно, что

$$\mathbf{P}_1\Delta\boldsymbol{\chi}^{\mathrm{T}} = \mathbf{P}_2, \tag{12}$$

откуда вариация вектора параметров определится по формуле

$$\Delta\boldsymbol{\chi}^{\mathrm{T}} = \mathbf{P}_1^{-1}\mathbf{P}_2. \tag{13}$$

При выполнении условия (13) оценка вектора параметров СУЭП находится из выражения

$$\hat{\boldsymbol{\chi}} = \boldsymbol{\chi}_m + \Delta\boldsymbol{\chi}. \tag{14}$$

Матрицы $\mathbf{P}_1$ и $\mathbf{P}_2$ зависят от матрицы чувствительности $\mathbf{x}_{\chi}$. Поэтому для реализации выражения (13) в алгоритме идентификации параметров СУЭП необходимо предусмотреть вычислитель функций чувствительности [5, 6].

Источники

1. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Малацион А.С. Метод формирования *Q*-таблиц для автоматизированного контроля параметров электромеханических преобразователей с применением линейного интегрального критерия. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020, № 22(2). С. 86-97.

2. Анисимов А. А. Параметрическая оптимизация электромеханических систем с регуляторами и наблюдателями состояния // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2016. № 2. С. 21–26.

3. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / О.В. Погодицкий, Н.А. Малёв. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 312 с.

4. J. Calliess, S. J. Roberts, C. E. Rasmussen, J. Maciejoswki. Lazily Adapted Constant Kinky Inference for nonparametric regression and model-reference adaptive control. Automatica, 2020.

5. Analysis of Parametric Sensitivity and Structural Optimization of Modal Control Systems with State Controllers / A.A. Anisimov, D.G. Kotov, S.V. Tararykin, V.V. Tyutikov // Journal of Computer and System Sciences International. 2011. Vol. 50. 5. P. 698 – 719.

6. В. Ю. Рутковский, В. М. Глумов. Особенности динамики адаптивной системы управления с нелинейной эталонной моделью. Автомат. и телемех., 2017, № 4, 92–105.

УДК 62-532.8

БЕСПОИСКОВАЯ ГРАДИЕНТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Чиляева Маргарита Романовна[1], Малёв Николай Анатольевич[2],
Погодицкий Олег Владиславович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
maleeev@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается электропривод постоянного тока, охваченный отрицательной обратной связью по скорости. Показан беспоисковый градиентный алгоритм вычисления оценки статического коэффициента передачи электропривода. Сформирована обобщённая структурная схема динамической модели идентификатора статического коэффициента передачи.

Ключевые слова: беспоисковая идентификация, вычисление оценок параметров, градиентный алгоритм, электропривод.

SEARCHLESS GRADIENT IDENTIFICATION OF STATIC TRANSMISSION COEFFICIENT ELECTRIC DRIVE

Chilyaeva Margarita Romanovna, Malev Nikolay Anatolievich,
Pogoditsky Oleg Vladislavovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
maleeev@mail.ru

Abstract: *The paper considers a DC electric drive covered by negative speed feedback. A searchless gradient algorithm for calculating the estimation of the static transmission coefficient of an electric drive is shown. A generalized block diagram of the dynamic model static transmission coefficient identifier has been formed.*

Keywords: *searchless identification, calculation of parameter estimates, gradient algorithm, electric drive.*

Объектом исследования в настоящей работе является электропривод постоянного тока, описываемый линейными уравнениями динамики. В качестве идентифицируемого параметра принят статический коэффициент передачи электропривода K.

Закон изменения идентифицируемого параметра [1, 2]

$$\dot{K} = -\gamma \nabla_K J, \qquad (1)$$

где $\nabla_k = \dfrac{\partial}{\partial K}$ – оператор набла; λ_k – коэффициент, определяющий скорость идентификации.

Показателем качества функционирования электропривода является квадрат невязки [3, 4]

$$J = \varepsilon^2(t), \tag{2}$$

с учетом которого градиент показателя качества

$$\nabla_k J = \frac{\partial\left[\varepsilon(t)\right]^2}{\partial K} = \frac{\partial\left[y_o(t) - y_m\right]^2}{\partial K} = 2\varepsilon(t)\frac{\partial\varepsilon(t)}{\partial K}. \tag{3}$$

Математическое описание разомкнутого электропривода при нулевых начальных условиях можно представить дробно-рациональным выражением в операторной форме

$$W(s) = \frac{K\sum\limits_{k=0}^{m} a_k s^k}{\sum\limits_{k=0}^{n} b_k s^k} = \frac{K\left(a_m s^m + a_{m-1}s^{m-1} + \ldots + a_1 s + a_0\right)}{b_n s^n + b_{n-1}s^{n-1} + \ldots + b_1 s + b_0}, \tag{4}$$

где K – статический коэффициент передачи электропривода.

Передаточная функция замкнутого электропривода с задающим воздействием $U_{in}(s)$ относительно сигнала рассогласования $\Delta U(s)$

$$\Phi_\Delta(s) = \frac{\Delta U(s)}{U_{in}(s)} = \frac{1}{1 + W(s)} = \frac{B(s)}{B(s) + KA(s)}. \tag{5}$$

На основе полученного выражения запишем передаточную функцию инверсной модели

$$\Phi_\Delta^{im}(s) = \frac{U_{im}(s)}{\Delta U(s)} = \frac{B(s) + KA(s)}{B(s)} = 1 + \frac{KA(s)}{B(s)}, \tag{6}$$

результат перемножения которой с передаточной функцией (5) даст единицу.

Продифференцируем (6) по статическому коэффициенту передачи электропривода K и получим соответствующую функцию чувствительности передаточной функции инверсной модели

$$\frac{\partial\Phi_\Delta^{im}(s)}{\partial K} = \frac{A(s)}{B(s)}, \tag{7}$$

инвариантную к изменению K.

На основе выражений (1) и (2) определим алгоритм беспоисковой градиентной идентификации статического коэффициента передачи электропривода [5]

$$\dot{K}(t) = -\lambda_k \nabla_k J = -\lambda_k 2\varepsilon(t)\frac{\partial \varepsilon(t)}{\partial K(t)}. \qquad (8)$$

Применим к выражению (8) преобразование Лапласа и запишем

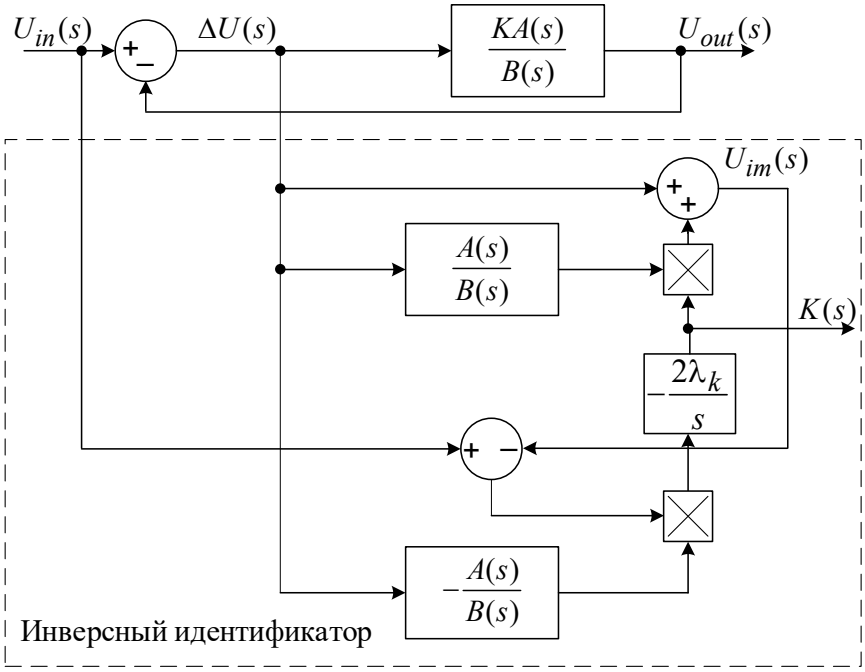
$$K(s) = -\frac{2\lambda_k}{s}\left[U_{in}(s) - U_{im}(s)\right]\left[-\frac{\partial U_{im}(s)}{\partial K}\right] =$$
$$= -\frac{2\lambda_k}{s}\left[U_{in}(s) - U_{im}(s)\right]\left[-\frac{\partial \Phi_{\Delta}^{im}(s)}{\partial K}\Delta U(s)\right]. \qquad (9)$$

Тогда, с учётом (7), статический коэффициент передачи

$$K(s) = -\frac{2\lambda_k}{s}\left[U_{in}(s) - U_{im}(s)\right]\left[-\frac{A(s)}{B(s)}\Delta U(s)\right], \qquad (10)$$

где $U_{in}(s)$ – входное задающее воздействие; $U_{im}(s)$ – выходной сигнал инверсной модели; $\Delta U(s)$ – сигнал рассогласования.

Выражение (10) позволяет построить структурную схему динамической модели беспоисковой градиентной идентификации статического коэффициента передачи электропривода, представленную на рисунке.



Структурная схема динамической модели идентификации статического коэффициента передачи электропривода

Полученная схема может быть применена для идентификации коэффициентов передачи статических и астатических электроприводов, описываемых линейными уравнениями динамики при нулевых начальных условиях.

Источники

1. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветкович А.М. Особенности применения теории чувствительности для анализа влияния параметрических возмущений на динамические свойства электромеханических преобразователей. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019;21(6):101-110.

2. Афанасьев А.Ю., Макаров В.Г., Загирова В.Н. Идентификация параметров и частоты вращения ротора асинхронного двигателя на основе функций чувствительности // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. 2020.Т.6. С.128-131.

3. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / О.В. Погодицкий, Н.А. Малёв. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 312 с.

4. Saushev A.V. Solution of problems of parametric optimization and control of electric drives state based on information about operability area boundary // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. №5. Vol.327.

5. M. Ostroverkhov, V. Pyzhov, S. Korol. Control of the Electric Drive under Conditions of Parametric Uncertainty and Coordinates' Interrelation // International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). 2017.

УДК621-313.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ, РЕАЛИЗОВАННЫМ ПО КЛАССИЧЕСКОЙ СХЕМЕ АИН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ПИТАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Чурекеев Динар Тауфикович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
[2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия
[1]ranid89@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: в данной статье предложена модель асинхронного электропривода с преобразователем частоты, реализованным по классической схеме АИН, для исследования высших гармоник в питающей промышленной электросети, выполненную в среде Matlab.
Ключевые слова: компьютерное моделирование, асинхронный электропривод, высшие гармоники, качество питающей сети.

SIMULATION OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH A FREQUENCY CONVERTER IMPLEMENTED ACCORDING TO THE CLASSICAL AIN SCHEME FOR THE STUDY OF HIGHER HARMONICS IN THE INDUSTRIAL POWER SUPPLY NETWORK

Churekeev Dinar Taufikovich, MukhametgaleevTanirKhamitevich,
[1]FGBOU HE «Kazan National Research Technological University»,
[2]FGBOU HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ranid89@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Abstract: *In this article, a model of an asynchronous electric drive with a frequency converter, implemented according to the classical AIN scheme, is proposed for the study of higher harmonics in the industrial power supply network, made in the Matlab environment.*
Keywords: *computer simulation, asynchronous electric drive, higher harmonics, quality of the supply network.*

В настоящее время наблюдается значительное повышение интереса как к теоретическим, так и к практическим проблемам электромагнитной совместимости (ЭМС). Это относится не только к радиоэлектронике и связи, где вопросам ЭМС всегда уделялось пристальное внимание, но и к электротехнике и электроэнергетике, включая вопросы электроснабжения, причем последние не только во взаимосвязи с ЭМС технических средств (ТС), но и с электромагнитной безопасностью человека и биоэкосистем [1].

Параметры промышленной питающей электросети должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия.

Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения». Реальная электрическая сеть и ее параметры отличаются от идеальных. Использование частотных преобразователей приводит к отклонению параметров сети от норм и ухудшению качества электроэнергии [2].

В промышленном оборудовании основным источником помех являются процессы переключения в электрических цепях, связанные с очень быстрым изменением токов и напряжений, что, в свою очередь, ведёт к появлению электромагнитных помех, которые могут быть периодическими или случайными [3].

Высшие гармонические составляющие в токах нелинейных электропотребителей приводят к негативным, а иногда и катастрофическим последствиям [4].

В связи с этим актуальной является задача разработать компьютерную модели системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» в программном пакете *Matlab.* [5]

На рис. 1 представлена компьютерная модель классического преобразователя частоты (ПЧ) с автономным инвертором напряжения (АИН), построенная в программном пакете *Matlab.*

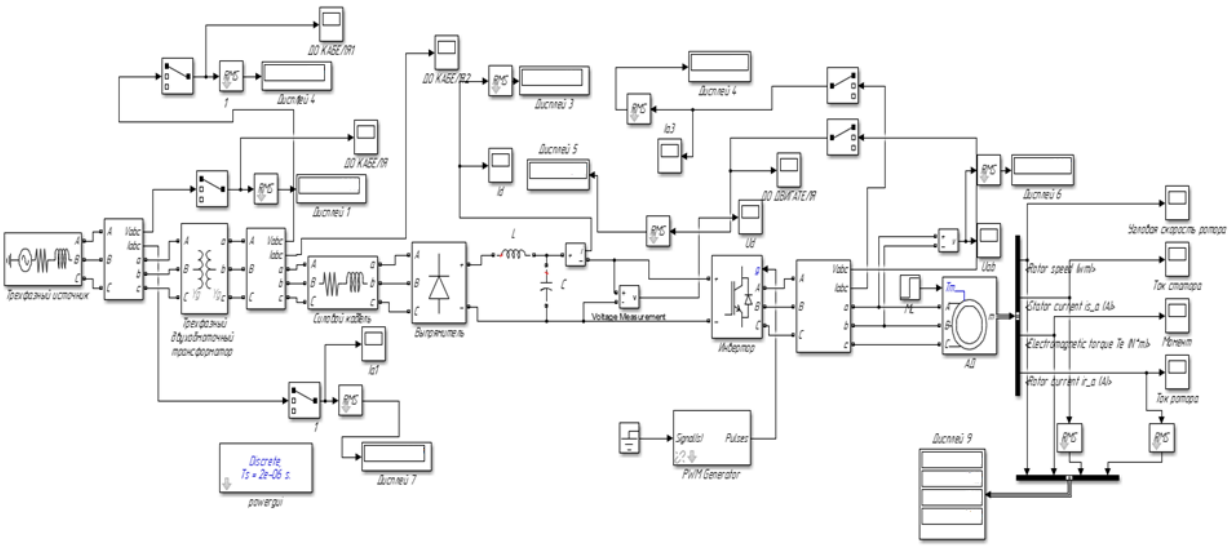


Рис. 1. Структурная схема классического ПЧ с АИН в программном пакете *Matlab*

Компьютерная модель классического ПЧ с АИН состоит из блоков: трехфазный источник, трехфазный двухобмоточный трансформатор, силовой кабель, инвертор, ШИМ-генератор, LC-фильтр, момент, асинхронный электродвигатель, RMS, $RMSi_d$.

Для оценки эффективности нужно произвести гармонический анализ напряжения на фазе источника питания и на нагрузке, а также фазного тока потребляемого со стороны сети и со стороны двигателя. Их качество будет оценивается общим коэффициентом нелинейных искажений (THD) (%), определяемым отношением действующего значения *n*высших гармоник к действующему значению первой гармоники:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{n} U_k}}{U_1}.$$

На основании результатов компьютерного моделирования можно будет сделать вывод о целесообразности применения фильтров высших гармоник и решении их схемной реализации.

Источники

1. Васин Г.Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие / Самарский. гос. техн. ун-т. Самара, 2006.

2.ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

3. Олейник В.Г., Щедрин В.М., Морозов В.П. Основные положения электромагнитной совместимости электроустановок: Учебное пособие / Нижегородский. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2009.

4. Григорьев О., Петухов В., Соколов В., Красилов И. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ // Новости электротехники. – 2002. № 6.

5. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. М.: Энергоиздат, 1989.

УДК 621

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Шайхлисламов Ильназ Рустемович[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*shaikhlislamov.ir@kgeu.ru*

Аннотация: Интеллектуальное управление является новым этапом развития науки в автоматическом управлении. В настоящее время исследования и применение интеллектуального контроля развиваются в Российской Федерации во многих областях, например, в нефтегазодобывающей сфере. В то же время привносятся новые идеи и новые методы для стратегии управления системой электропривода. В данной статье объясняется значение и метод внедрения интеллектуального управления в системе электропривода, а также представлены характеристики нейронного управления, применяемые в системе электропривода, как вид общего метода интеллектуального управления.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, электропривод, одиночный нейрон.

INTELLIGENT ELECTRIC DRIVE SYSTEM

Shaikhlislamov Ilnaz Rustemovich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1,2]*shaikhlislamov.ir@kgeu.ru*

Abstract: *Intelligent control is a new stage in the development of the science of automatic control. Currently, research and application of intelligent control is developing in the Russian Federation in many areas, for example, in the oil and gas industry. At the same time, new ideas and new methods are introduced for the control strategy of the electric drive system. This article explains the meaning and method of implementing intelligent control in an electric drive system, and also presents the characteristics of neural control used in an electric drive system as a kind of general method of intelligent control.*

Keywords: *intelligent control, electric drive, single neuron.*

С развитием современной теории управления общие приемы проектирования контроллеров постепенно заменяются искусственным интеллектом и широко используются методы интеллектуального программного обеспечения.

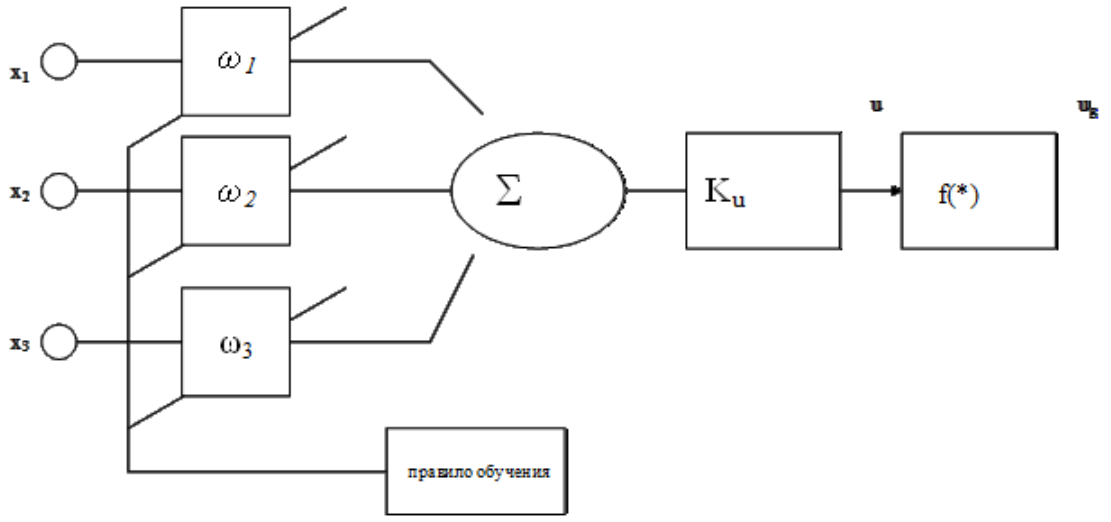
Система управления с искусственным интеллектом должна использовать разные методы управления в зависимости от различных

элементов управления. Контроль нейронов, нечеткое управление, управление нейронной сетью и генетический алгоритм можно рассматривать как семейство аппроксиматоров нелинейных функций. Эти аппроксиматоры могут обеспечить более точные результаты и иметь больше преимуществ, чем обычное средство оценки функций [1]. Конкретная модель объекта управления потребуется в управлении с традиционной функцией оценки, это большое ограничение, потому что во многих случаях очень сложно получить точное динамическое уравнение состояния для человека. Но ограничение не может повлиять на систему управления с искусственным интеллектом, для которой не требуется модель объекта управления. Соответствующая настройка может улучшить работу системы управления с искусственным интеллектом. Например, время нарастания контроллера нечеткой логики в 1,5 раза быстрее, чем у оптимизатора, время спада контроллера нечеткой логики в 3,5 раза быстрее, чем у оптимизатора, а контроллер нечеткой логики имеет меньшее минимальное напряжение [2].

Контроллер искусственного интеллекта можно разделить на три класса: контролируемый, неконтролируемый и контроллер обучения с подкреплением. Структура топологии и алгоритм обучения традиционного контроллера нейронной сети с контролируемым обучением стали фиксированными и неизменными, этот момент должен дать больше ограничений для контроллера с такой структурой, чтобы время вычислений было более длительным, а эффект вычислений не был хорошим. Применение нейронной сети и метода проб и ошибок позволяет избежать этих ошибок и повысить скорость обучения.

Система электропривода, управляемая одним нейронным управлением.

Теоретически нейронная сеть обладает сильной способностью синтезировать информацию, которая может решить все сложные задачи управления, если скорость вычислений достаточно высока [3]. Система электропривода, управляемая единичным нейронным управлением, отвечает требованиям нелинейного управления и высокой устойчивости к функциям управления системой электропривода. Одиночный нейрон является основным элементом управления в контроллере нейронной сети (см. рисунок).



Контроллер нейронной сети

На рисунке x_i (i = 1, 2, 3) – это вход контроллера, а ω_1 (i = 1, 2, 3) – соответствующий вес, K_u – коэффициент пропорциональности, f (*) – функция возбуждения S-типа с максимальной предельной амплитудой.

$$u(k) = \frac{K_u \sum \omega_1(k) x_1(k)}{\|w\|}; \quad (1)$$

$$u_k(k) = U_{max} \frac{1 - e^{-u(k)}}{1 + e^{-u(k)}}; \quad (2)$$

Скалярное произведение весового вектора w и входного вектора x делится на евклидову норму ||W|| весового вектора сходимости стратегии управления.

Функция самоадаптации контроллера одиночного нейрона реализуется за счет изменения веса. Правило обучения – это настройка алгоритма веса w_1, который является ядром контроллера одиночного нейрона, его алгоритм показан ниже.

$$\omega_1(k+1) = \overline{\omega_1}(k) + \eta v_1(k); \quad (3)$$

где $\eta_1 > 0$ – скорость обучения, $v_1(k)$ – обучающий сигнал, уменьшающийся с процессом. Для системы привода, учитывая два режима работы двигателя – прямое и обратное. Следующие методы обучения приняты, чтобы гарантировать сходимость алгоритма обучения.

$$v_1(k) = l(k)|_x(k)|x_1(k); \quad (4)$$

Предположим, что X1 – ошибка, X2 – интеграл ошибки, X3 – дифференциал ошибки, конечно, все они являются входными. Система электропривода с высокой производительностью и высокой надежностью может быть реализована путем автоматической регулировки веса всех входных данных с помощью правила обучения нейронной сети, чтобы динамика системы зависела только от сигнала ошибки и без влияния или меньшего влияния параметров объективной модели. Отдельный нейрон является в этом процессе адаптивным ПИД-регулятором с переменным коэффициентом [4]. Кроме того, контроллер использует нелинейную характеристику, свойственную нейрону, преодолевает ограничение линейного регулятора и реализует функцию стабилизации, насыщения и управления регулятором скорости вращения.

Разработка интеллектуального контроллера или традиционного контроллера, предназначенного для объекта управления, — это не что иное, как создание отношения отражения от текущего состояния, ошибки системы к контролируемой величине. Отличие интеллектуального управления от традиционного в том, что последний проектирует контроллер в соответствии с моделью объекта управления, а для интеллектуального управления модель объекта управления не требуется. Интеллектуальное управление имитирует человеческий интеллект, определяет выходную мощность контроллера в соответствии с системной ошибкой и ее изменениями и автоматически настраивает контроллер. Математическая модель модельной системы привода ясна, в основном, на нее влияют только изменения параметров и нелинейный фактор, но может применяться метод интеллектуального управления, который имеет функцию адаптивного переменного параметра, чтобы восполнить недостатки линейного ПИД-регулятора и улучшить способность адаптации системы для различных факторов возмущения и нелинейных факторов [5]. На текущем теоретическом уровне интеллектуальную систему управления электроприводом можно рассматривать как семейство нелинейных систем, использующих существующую нелинейную теорию и инструменты.

Источники

1. Потапенко А.Н., Гайдуков К.Ю., Белоусов А.В. Особенности применения электропривода механизма подъема в «Интеллектуальном» модуле измерения массы породы в ковше экскаватора // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. №4-3.

2. Шилкина С.В., Фокина Е.Н. Контроллер нечёткой логики в управлении технологическими процессами // Вестник СибАДИ. 2018. №1 (59).

3. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А. Нейронные сети: общие

технологические характеристики // Научное обозрение. Технические науки. 2019

4. А. Г. Александров, М. В. Паленов, «Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД-регуляторов», Автомат. и телемех., 2014, № 2, 16–30; Autom. Remote Control, **75**:2 (2014), 188–199

5. Цвенгер И.Г., Низамов И.Р. Применение нейросетевых регуляторов в системах управления электроприводами // Вестник Казанского технологического университета. 2017. №8.

УДК 621.315.23

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6-10 кВ

Шарипов Ильшат Маисович[1], Загидуллин Алмаз Мухарамович [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ilshat.sharipov.1998@mail.ru, [2] zagidullin_almaz@bk.ru

Аннотация: В статье предложены методы диагностики кабельных линий 6-10кВ. Представлен метод для оценки состояния силовых кабелей в условиях эксплуатации с помощью прибора CPDA-15.

Ключевые слова: кабельные линии, методы диагностики, установка CPDA-15.

METHODS FOR DIAGNOSTIC CABLE LINES 6-10 kV.

Sharipov Ilshat Maisovich[1], Zagidullin Almaz Mukharamovich[2]
[1,2] FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ilshat.sharipov.1998@mail.ru, [2] zagidullin_almaz@bk.ru

Abstract: *The article proposes diagnostic methods for 6-10 kV cable lines. A method for assessing the state of power cables under operating conditions using the CPDA-15 device is presented.*

Keywords: *cable lines, diagnostic methods, CPDA-15 installation.*

Во время работы на силовые кабельные (КЛ) линии влияют: совместное воздействие электрических и тепловых полей; влагоизоляция; механическое старение и повреждения, вызванные вибрацией, электродинамическими силами и механическим напряжением; химическое старение под воздействием агрессивных веществ.

Старение изоляции силового кабеля в результате длительного воздействия факторов эксплуатации может привести к повреждению кабелей при достижении предельных значений характеристик изоляции, что, в свою очередь, приводит к снижению надежность всей энергосистемы.

Для оценки состояния силовых кабелей в условиях эксплуатации используются следующие диагностические методы: разрушающие (традиционные) и неразрушающие.

Традиционные методы диагностики кабельных линий.

Традиционные методы диагностики состояния кабельных линий - это методы, которые предоставляют информацию о текущем состоянии

изоляции кабеля, но в большинстве случаев связаны с повреждением или снижением срока службы.

Традиционные методы диагностики включают в себя:

- Проверьте с выпрямленным высоким напряжением.
- визуальный контроль (неразрушающий контроль)
- измерение сопротивления изоляции (неразрушающие испытания)

Неразрушающие методы диагностики.

Неразрушающие методы диагностики - это методы, основанные на периодическом измерении наиболее информативных характеристик изоляции; они не только предоставляют информацию о текущем состоянии изоляции кабеля, не повреждая ее, но также могут использоваться для прогнозирования оставшегося срока службы длинных кабелей.

Самые популярные методы диагностики сегодня включают в себя:

-измерение характеристик частичных разрядов.

-измерение диэлектрических потерь изоляции;

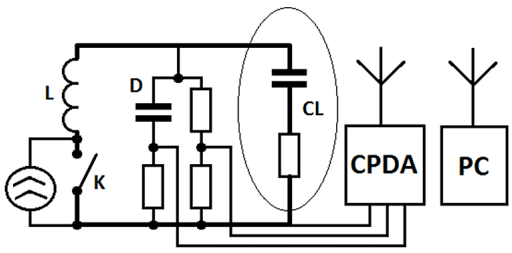
-тепловизионный контроль

-рефлектометрии [3].

Автоматизированная система для диагностики КЛ методом OWTS. «CPDA-15»-диагностика состояния изоляции кабельных линий 6 ÷ 10 кВ неразрушающим методом.

Измерительная система CPDA-15 предназначена для онлайн-диагностики, поиска и определения мест, где происходят дефекты изоляции, на основе измерения и анализа частичных разрядов (ЧР) и используется для проверки изоляция всех типов высоковольтных кабелей.





CPDA-15 может использоваться для тестирования новых кабельных линий, введенных в эксплуатацию, и для анализа состояния старых кабелей в эксплуатации.

Особенности диагностической системы CPDA-15:

В целях безопасности процесс измерения дистанционно контролируется с ноутбука с использованием стандартного беспроводного интерфейса WI-FI. Хранение, анализ и обработка сигналов ЧР происходит

на ноутбуке и может осуществляться как на тренировочных площадках, так и в офисе.

Техническое состояние кабельной линии определяется по результатам измерения и анализа разрядов с использованием встроенной экспертной системы «ПД-Эксперт». Оцениваются следующие параметры:

- Наличие и уровень частичных разрядов;
- Напряжение возникновения разрядов;
- Место возникновения разрядов;
- Тип дефекта изоляции;
- Тангенс угла потерь в изоляции.

Анализ и оценка характерных параметров частичных разрядов и локализация места происшествия позволяют разработать критерии дальнейшего технического обслуживания или замены кабелей [6].

Источники

1. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие./ Л.П. Сумарокова; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 288 с.
2. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Том 1,2 Энергоатомиздат, 2015.
3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Москва «Интермет Инжиниринг», 2016.
4. Технические науки. Электрические машины и аппараты. URL:www.dslib.net. (дата обращения: 24.05.2021).
5. Неразрушающая диагностика силовых кабельных линий номинальным напряжением 6-35 кВ.-2017 . URL: http://market.elec.ru/nomer/19/diagnostics-cable (дата обращения: 25.05.2021).
6. P. Kayal, S. Chanda, C.K. Chanda, An ANN based network reconfiguration approach for voltage stability improvement of distribution network, 2011 Int. Conf. Power Energy System(дата обращения: 24.05.2021).

УДК 621.3

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ООО «ТАТНЕФТЬ-ЭНЕРГОСБЫТ»

Якунин Анатолий Николаевич[1], Баширов Раиль Фаридович [2]
[1,2]ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт»,
г. Альметьевск, Россия
[1]nip.rail117@gmail.com, [2]anatol_ee@rambler.ru

Аннотация: Создание и внедрение единого программно-технического комплекса автоматизированной системы диагностики силового трансформаторного оборудования и линий электропередач, предназначенного для постоянного контроля над техническим состоянием позволит более эффективно оценивать техническое состояние оборудования, определять возникновение отказов на ранней стадии развития и предотвратить возникновение аварийных ситуаций. Эффективность зависит от периодичности и временных рамок; труднодоступности объектов; длительность сбора данных, их аналитики и формирования результатов отчета.

Ключевые слова: техническое перевооружение, трансформатор, воздушная линия электропередач, автоматизированная система диагностического мониторинга.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF POWER EQUIPMENT IN DISTRIBUTION NETWORKS OF LLC «TATNEFT-ENERGOSBYT»

Yakunin Anatoly Nikolaevich[1] Bashirov Rail Faridovich[2],
[1.2] GBOU VO «Almetyevsk State Oil Institute», Almetyevsk, Russia
[1]nip.rail117@gmail.com, [2]anatol_ee@rambler.ru

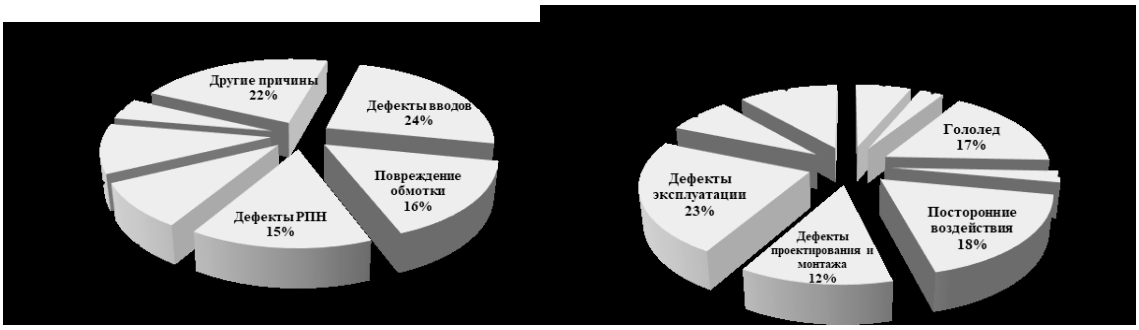
Abstract: *The creation and implementation of a unified software and hardware complex for an automated diagnostic system for power transformer equipment and power transmission lines, designed for constant monitoring of the technical condition, will make it possible to more efficiently assess the technical condition of the equipment, determine the occurrence of failures at an early stage of development and prevent emergencies. Effectiveness depends on frequency and time frame; inaccessibility of objects; the duration of data collection, their analytics and the formation of report results.*

Key words: *technical re-equipment, transformer, overhead power line, automated diagnostic monitoring system*

В электрических сетях ООО «Татнефть-Энергосбыт» наблюдается масштабное старение основных фондов из-за недостаточных объёмов инвестиций в новое сетевое строительство и техническое перевооружение. На данный момент парк эксплуатируемого силового оборудования

подстанций можно охарактеризовать так: 5-6 % имеет критические дефекты, 15-20 % имеет дефекты, приводящие к ускоренному старению и более 50 %, работает на грани исчерпания нормативного ресурса. [1, глава 9 С.269]

На рисунке представлены основные причины повреждаемости силового трансформаторного оборудования (а) и воздушных линий электропередач (б).



а) б)

Градация соотношения повреждений к их нему количеству

Исходя из обозначенных причин повреждаемости предлагается оснастить подстанции автоматизированной системой диагностического мониторинга (АСДМ) трансформатора и ЛЭП. При выборе оптимального технического решения и конфигурации АСДМ предлагается рассматривать оптимизированную конфигурацию, стоимость которой на 30% меньше максимально возможной.

Для оценки влияния применения средств диагностики на энергоэффективность процесса передачи электроэнергии в сетях собираемая информация должна быть проанализирована по математическому моделированию технического состояния, результатом которого является значение индекса состояния оборудования. Например, анализ режимов работы силового оборудования двухтрансформаторной подстанция напряжением 35/6(10) кВ, питающейся по двум ЛЭП, результаты которого представлены на таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа режима работы подстанция 35/6(10) кВ

Режимы работы	Коэффициент надежности		Индекс технического состояния	Вид технического воздействия
	ТР	ЛЭП		
Нормальный режим	0,8	0,9	≤1	Плановое диагностирование

Аварийный режим: выход из строя одной из ЛЭП	0,8	0,5	0,5…0,7	Усиленный контроль технического состояния, капитальный ремонт, реконструкция
Аварийный режим: выход из строя одного из трансформаторов	0,35	0,9	0,25…0,5	Дополнительное техническое обслуживание и ремонт, усиленный контроль технического состояния, техническое перевооружение
Аварийный режим: выход из строя одной из ЛЭП и одного из трансформаторов	0,35	0,5	≤0,25	Вывод из эксплуатации, техническое перевооружение и реконструкция

В результате оценки энергоэффективности промышленных распределительных сетей можно определиться с составом технического воздействия направленного на достижение нормального (оптимального) состояния, что должно обеспечить повышение надёжности функционирования распределительных сетей и снижение текущих затрат на поддержание в работоспособном состоянии её основных элементов.

Источники

1. Кудрин Б.И., Минеев А.Р. Электрооборудование промышленности: учебник для студ. высш. Учеб. Заведений / М.: издательский центр «Академия», 2008.

2. Ившин И.В., Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф., Усманов И.К. Методика онлайн оценки технического состояния трансформаторной подстанции 35/6(10) кВ по коэффициенту экспресс-анализа. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021;23(4):14-26.

3. Горелов Ю.И., Андреев К.А. Система комплексного мониторинга и диагностики силовых трансформаторов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. №6-1.

4. Хальясмаа А.И., Дмитриев С.А., Кокин С.Е., Глушков Д.А.. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 64 с.

5. СТО 56947007-29.180.01.116-2012 ПАО «ФСК ЕЭС». Инструкция по эксплуатации трансформаторов.

УДК 519.71

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В СИСТЕМЕ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Ярмухаметов Ильвир Ансарович[1], Малёв Николай Анатольевич[2],
Мухаметгалеев Танир Хамитевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2,3]*maleeev@mail.ru*

Аннотация: В работе рассматривается асинхронный тяговый электропривод с ПИ-регулятором в контуре скорости, формирующим сигнал управления вентилями инвертора напряжения на IGBT-модулях. Проведено моделирование электропривода с трехфазным двухуровневым широтно-импульсным модулятором с учетом нелинейной обратной связи по моменту сопротивления. Результаты исследования показывают, что рассмотренная система управления обеспечивает требуемое качество переходных процессов тягового электропривода.

Ключевые слова: тяговый электропривод, инвертор напряжения, широтно-импульсный модулятор, переходные процессы.

SIMULATION TRACTION ELECTRIC DRIVE IN THE SYSTEM STAND-ALONE VOLTAGE INVERTER - ASYNCHRONOUS MOTOR

Yarmukhametov Ilvir Ansarovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2],
Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1,2,3]*maleeev@mail.ru*

Abstract: *The paper considers an asynchronous traction electric drive with a PI controller in the speed loop, which generates a control signal for the switches of the voltage inverter on the IGBT modules. The simulation of an electric drive with a three-phase two-level pulse-width modulator, taking into account the nonlinear feedback on the load moment, has been carried out. The research results show that the considered control system provides the required quality of the traction electric drive transient processes.*

Keywords: *traction electric drive, voltage inverter, pulse-width modulator, transient processes.*

Настоящее исследование посвящено расчёту и моделированию асинхронного тягового электропривода, получающего питание от автономного инвертора с широтно-импульсным регулированием выходного напряжения [1, 2]. Для линеаризованной системы применена настройка на симметрич-

ный оптимум [3] и получена структура ПИ-регулятора скорости с передаточной функцией:

$$W_{\text{рс}}(s) = K_{\text{рс}} + \frac{K_{\text{рс}} / T_{\text{рс}}}{s} = 0{,}174 + \frac{0{,}63}{s}.$$

Определены силы сопротивления движению электроподвижного состава и получена аналитическая зависимость статического момента сопротивления от скорости вращения двигателя [4, 5]:

$$M_{\text{с}}\left(\Omega_{\text{дв}}\right) = \frac{WD}{2m} = \frac{Dm_{\text{л}}g}{2m}\left(1{,}9 + 0{,}01V + 0{,}0003V^2 + \frac{142}{m_{\text{л}} / m + 7}\right) =$$

$$= \frac{Dm_{\text{л}}g}{2m}\left(1{,}9 + 0{,}01\frac{1{,}8D}{\mu}\Omega_{\text{дв}} + 0{,}0003\left(\frac{1{,}8D}{\mu}\Omega_{\text{дв}}\right)^2 + \frac{142}{m_{\text{л}} / m + 7}\right) = \quad (1)$$

$$= 0{,}003\Omega_{\text{дв}}^2 + 0{,}202\Omega_{\text{дв}} + 458{,}4.$$

В полученном выражении зависимость $M_{\text{с}}\left(\Omega_{\text{дв}}\right)$ представляет собой сумму квадратичной, линейной и постоянной составляющих. Для задания $M_{\text{с}}$ при моделировании необходимо получить его временную зависимость. Целесообразно получить искомую зависимость с помощью структурных преобразований как показано на рис. 1.

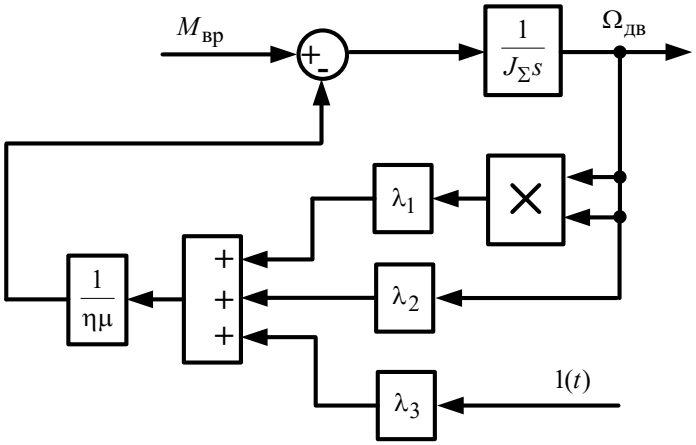


Рис. 1. Схема формирования момента сопротивления $M_{\text{с}}(t)$

Поскольку, как видно из рис. 1, $M_{\text{с}}(t)$ содержит квадратичную составляющую, в целях уменьшения влияния момента сопротивления на скорость вращения тягового электродвигателя было принято решение применить настройку на симметричный оптимум и придать системе астатизм второго порядка.

Соответствующая *Simulink*-модель системы управления асинхронного тягового электропривода с автономным инвертором напряжения показана на рис. 2.

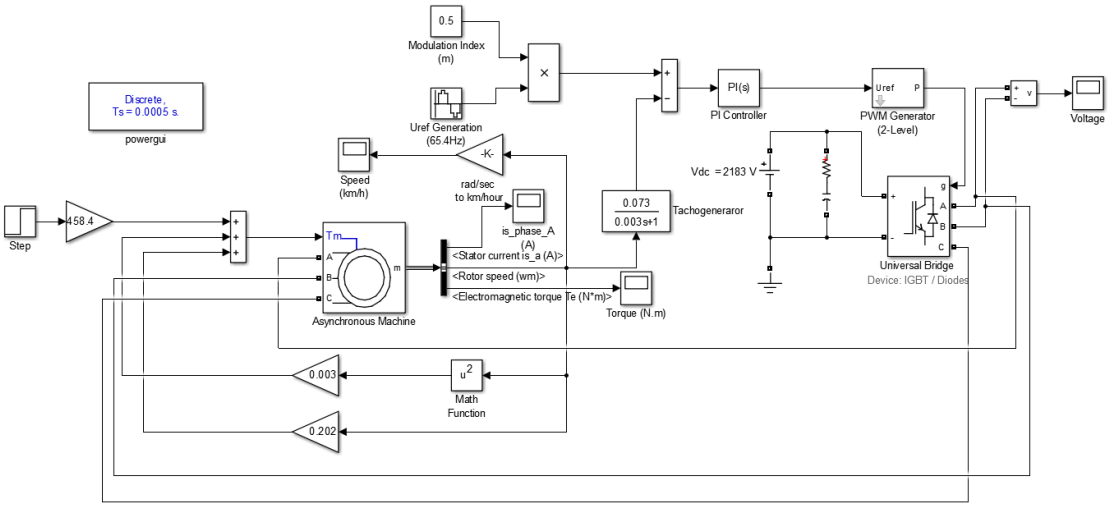


Рис. 2. *Simulink*-модель системы управления асинхронного тягового электропривода с автономным инвертором напряжения

На вход Tm асинхронной машины поступает момент сопротивления в соответствии с выражением (1). Отрицательная обратная связь по скорости образована тахогенератором, представленным инерционным звеном первого порядка. Сигнал рассогласования поступает на регулятор скорости и, после реализации пропорционально-интегрального алгоритма, на блок PWM Generator, который представляет собой трехфазный двухуровневый широтно-импульсный модулятор (ШИМ). Принцип работы ШИМ заключается в формировании желаемой формы фазного напряжения из отрезков прямых линий и отрезков синусоид, соответствующих по форме линейным напряжениям, причем это должны быть такие отрезки, которые при вычитании двух фазных напряжений давали бы требуемое линейное напряжение.

Автономный инвертор напряжения фирмы ABB типа PVS800-MWS-1000kW-20 получает питание от источника постоянного тока напряжением 2183 В через *RC*-фильтр. Переход электропривода в генераторный режим работы сопровождается изменением направления тока инвертора при сохранении полярности напряжения на его входе. Последнее обстоятельство обеспечивает автоматический переход в режим рекуперативного торможения электроподвижного состава (ЭПС), получающего питание от контактной сети постоянного тока без входного преобразователя или при наличии входного преобразователя, обладающего двусторонней проводимостью при питании также и от сети переменного тока.

На рис. 3 показана зависимость скорости движения электровоза от времени при пуске с учетом механических инерционностей ЭПС.

V, км/ч

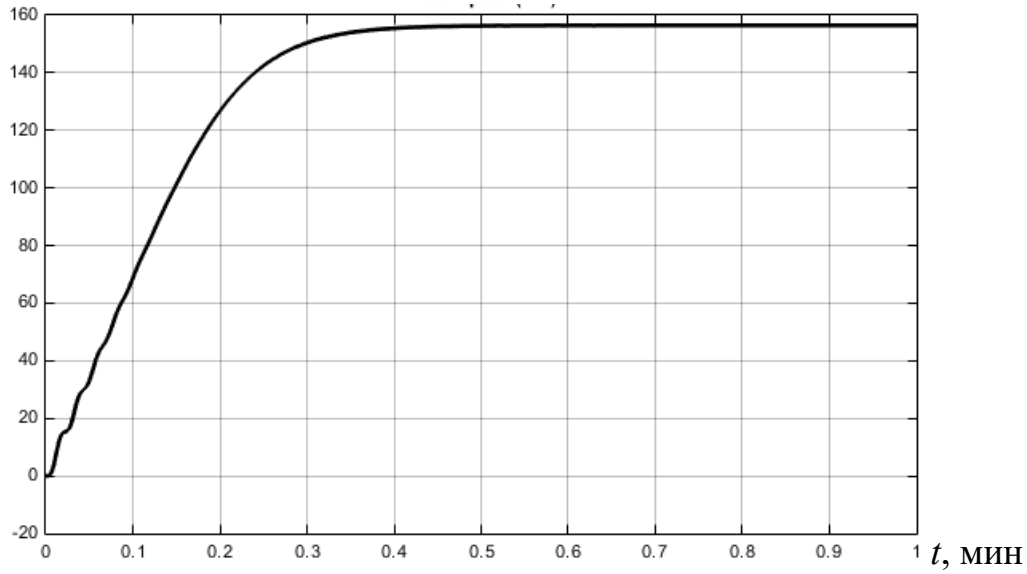


Рис. 3. Скорость движения электровоза

Результаты моделирования показывают, что электровоз набирает скорость плавно, без перерегулирования и выходит на требуемую скорость движения примерно за 30 с при моменте на валу, не превышающем критического значения.

Источники

1. Акимов Л.В. Динамические параметры асинхронных двигателей частотно-регулируемых электроприводов / Л.В. Акимов, В.О. Котляров, Д.Г. Литвиненко. Електротехніка і Електромеханіка. 2011. №3. с. 10–14.

2. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями / Н.А. Ротанов, А.С. Курбасов, Ю.Г. Быков В.В. Литовченко; Под ред. Н.А. Ротанова. М.: Транспорт, 1991. 336 с.

3. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие/ Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.

4. Осипов С.И., Осипов С.С. Основы тяги поездов. Учеб. для студентов техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. М.: УМК МПС России, 2000. 592 с.

5. Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н., Озеров М.И. Теория электрической тяги /Под ред. И.П. Исаева. М.: Транспорт, 1995. 294 с.

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА СПЕКТР ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРОВОДА ЛЭП

Ярославский Данил Александрович[1], Садыков Марат Фердинантович[2],
Горячев Михаил Петрович[3], Андреев Николай Кузьмич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[3]goryachev91@mail.ru, [2]ngeikandreev@gmail.com

Аннотация: В статье излагаются результаты экспериментальных натурных исследований влияния окружающей среды (температуры, влажности, атмосферного давления и ветра) на параметры провода на экспериментальном участке ЛЭП длиной 64 м с помощью разработанной системы мониторинга. Два блока измерительных датчиков подвешивались на середине пролета и на расстоянии 1 м от одного его конца. Данные с датчика температуры и колебаний провода с акселерометров записывались в памяти микропроцессора. По ним рассчитывался спектр колебаний. При анализе результатов использовалась модель колебаний туго натянутой струны, находящейся под внешним воздействием. Изучение спектра колебаний может дать информацию о состоянии провода.

Ключевые слова: колебания, провод, линия электропередачи, температура воздуха, туго натянутая струна, спектр колебаний, точка подвешивания.

AIR TEMPERATURE INFLUENCE ON THE HIGH VOLTAGE WIRE HORIZONTAL OSCILLATIONS SPECTRUM

Yaroslavsky Danil Alexandrovich[1], Sadykov Marat Ferdinantovich[2],
Goryachev Mikhail Petrovich[3], Andreev Nikolay Kuzmich[4]
[1,2,3,4] FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[2]goryachev91@mail.ru, [4]ngeikandreev@gmail.com

Abstract: *The article presents the results of experimental studies of the influence of the environment (temperature, humidity, atmospheric pressure and wind) on the parameters of power lines. Full-scale measurements were carried out on an experimental section of a power line with a length of 64 m using a developed monitoring system. Two blocks of measuring sensors were suspended in the middle of the span and at a distance of 1 m from one end of it. The measurement data of air temperature and wire vibrations from accelerometers were recorded in the memory of the microprocessor. The oscillation spectrum was calculated using them. When analyzing the results, a model of vibrations of a taut string under external influence was used. The study of a wire oscillations spectrum can be useful to test a wire condition.*

Keywords: *vibrations, wire, power line, air temperature, taut string, vibration spectrum, suspension point.*

Беспрерывное обеспечение потребителей электрической энергией – это главная задача энергетических компаний. Параметры ЛЭП находятся под постоянным воздействием погодных условий. Температура провода и окружающей среды влияют на длину провода, а, следовательно, - на силы тяжения. От температуры окружающей среды, влажности воздуха и атмосферного давления зависит вероятность образования ветра и осадков, которые воздействуют на провода воздушных линий. Сильные порывы ветра могут привести к пляске проводов и к обрывам, а также могут повредить опоры и крепления. Отложения снега и льда могут превысить допустимые размеры нагрузки на провода и тоже привести к обрывам. Поэтому требуется непрерывный мониторинг состояния ЛЭП [1, 2].

В статье излагаются результаты экспериментальных натурных исследований влияния окружающей среды (температуры, влажности, атмосферного давления и ветра) на параметры провода на экспериментальном участке ЛЭП длиной 64 м с помощью разработанной системы мониторинга. Два блока измерительных датчиков подвешивались на середине пролета и на расстоянии 1 м от одного его конца. Данные с датчика температуры и колебаний провода с акселерометров записывались в памяти микропроцессора. По ним рассчитывался спектр колебаний.

При анализе результатов использовалась модель колебаний $u(x,t)$ струны длины l, туго натянутой с силой тяжения T_0 , Н, на которую действует сила $g(x,t)$ [3]

$$\frac{d^2u}{dt^2} = a^2\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{1}{\rho}g(x,t), \quad (1)$$

где

$$a^2 = \frac{T_0}{\rho}. \quad (2)$$

На провод, висящий в пролете, действуют порывы ветра. Структура порыва в общем случае в пределах пролета неоднородна. Этому случаю близка следующая модель. Струна возбуждается молоточком, имеющим ширину 2δ, в точке c. Но молоточек не является идеально жестким. Колебания струны определяются не начальной скоростью, а силой, изменяющейся со временем. Для этой ситуации решается уравнение с правой частью

$$F(x,t) = \begin{cases} F_0 \cos\frac{x-c}{\delta}\frac{\pi}{2} sin\frac{\pi t}{\tau}, если\ |x-c| < \delta, 0 \le t \le \tau, \\ 0, \\ |x-c| > \delta, t > \tau. \end{cases} \quad (3).$$

Решение этого уравнения для момента времени $t > \tau$ записывается в виде

$$u_n(x,t) = \frac{16F_0\tau\delta}{\pi^3 a\rho}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\frac{\cos\frac{\pi n\delta}{l}\cos\frac{\omega_n\tau}{2}}{\left[1-\frac{(2\delta n)^2}{l^2}\right]\left[1-\frac{(na\tau)^2}{l^2}\right]}\sin\frac{\pi n}{l}x\sin\frac{\pi n}{l}c\sin\omega_n\left(t-\frac{\tau}{2}\right). \quad (4)$$

Наблюдаются сложные вынужденные колебания провода. В этом случае, согласно формуле (4), провод, который мы представляем как струну, совершает вынужденные и свободные колебания с богатым спектром частот. Состав спектра частот зависит от размеров, силы и длительности компонент ветрового потока. Наличие в знаменателе выражения (12) членов, содержащих сомножители

$$\left[1-\frac{(2\delta n)^2}{l^2}\right]\left[1-\frac{(na\tau)^2}{l^2}\right],$$

указывает на то, что с ростом номера гармоники n вклад высоких гармоник может расти до некоторого предела.

По нашему мнению, это означает, что высокочастотные гармоники могут играть важную роль в диагностике состояния провода. Действительно, анализ показал, что наибольший вклад в колебания, регистрируемые датчиком, расположенным в центре пролета ($c = \frac{l}{2}$), вносят осцилляции на 9-й гармонике. Причем коэффициент корреляции этой гармоники с изменением температуры превышает $r = 0{,}8$.

Изучение спектра колебаний может дать информацию о состоянии провода ЛЭП.

Источники

1. Yaroslavsky, D.A. Determination the conductor sag according to the period of its own harmonic oscillations / D.A. Yaroslavsky, V.V. Nguyen, M.F. Sadykov, M.P. Goryachev, D.A. Ivanov, N.K. Andreev // E3S Web of Conferences 2020. V. 220. No.1036.

2. Ярославский, Д.А., Нгуен В.В., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Наумов А.А.. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №. 3. С. 97-106.

3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: Учеб. пособие. 6-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1999.

Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

УДК 621.311.22

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФИЛЬНО-ВИТЫХ ТРУБОК В СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЯХ

Аверьянова Анна Алексеевна[1], Абасев Юрий Васильевич[2]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
annaannaaver@gmail.com[1], abasev@inbox.ru[2]

Аннотация: в данной статье рассматривается один из способов повышения эффективности работы сетевых подогревателей – применение профильно-витых трубок. На примере ПСГ-2300-2-8 показывается влияние модернизации на гидравлическое сопротивление подогревателя.

Ключевые слова: сетевой подогреватель, профильно-витые трубки, недогрев, коэффициент теплопередачи, гидравлическое сопротивление.

INFLUENCE OF APPLICATION OF PROFILE-TWISTED PIPES IN MAINS HEATERS

Averyanova Anna Alekseevna[1], Abasev Yuri Vasilievich[2]
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
annaannaaver@gmail.com[1], abasev@inbox.ru[2]

Abstract: *The article discusses one of the ways to improve the efficiency of network heaters - the use of profile-twisted tubes. Using the example of PSG-2300-2-8 the effect of modernization on the hydraulic resistance of the heater is shown.*

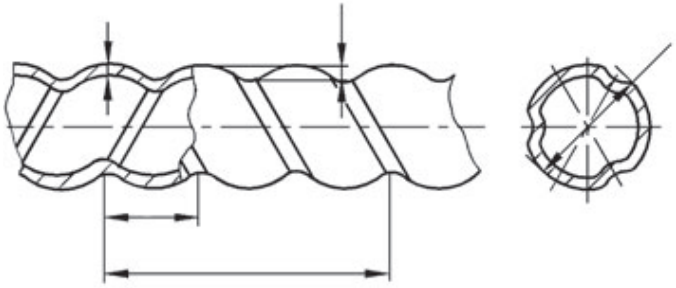
Key words: *network heater, profile-twisted tubes, underheating, heat transfer coefficient, hydraulic resistance.*

Надежная и эффективная работа теплообменных аппаратов на тепловых электрических станциях является неотъемлемой частью показателей экономичности всей турбоустановки, поэтому повышение эффективности их работы представляет собой важную задачу.

Качественная работа сетевых подогревателей (СП) определяется температурным напором (недогревом) и коэффициентом теплопередачи [1, с. 72–78]. Основными причинами недогрева является наличие коррозионных отложений на внутренней поверхности трубок, уменьшение площади поверхности теплообмена из-за заглушения части трубок или их затопления при повышении уровня дренажа пара из турбины [2, с. 5]. Вышеописанные проблемы приводят к увеличению температурного

напора, снижению тепловой эффективности подогревателя, коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи и, как вследствие, экономичности теплообменника.

Одним из наиболее перспективных способов повышения эффективности работы теплообменника является применение различных профилированных и оребренных трубок со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи: спирально-профилированные, каналы с чередующимися кольцевыми выступами (впадинами), трубы с винтообразными выступами (впадинами) [3, с. 259]. Искусственная шероховатость, образованная профилем накатки, турбулизирует пограничный слой, за счет чего происходит повышение интенсивности теплообмена при обтекании профилированных поверхностей жидкостью, так же как воздухом и паром. Наибольшее применение в эксплуатации нашли именно профильно-витые трубки [4, с. 459] (см. рис.).



Поперечное сечение профильно-витых трубок

Рассмотрим влияние применения профильно-витых трубок на ПСГ-2300-2-8 в турбоустановке Т-110/120-130-4. За основу возьмем метод расчета, описанный в [5, с. 411].

Расчет ПСГ-2300-2-8:

Гидравлическое сопротивление гладких трубок:

$$\Delta P_{гл} = (\xi \cdot \frac{z \cdot l}{d_{вн}} + \sum \xi) \cdot \frac{\rho_в \cdot w^2}{2}) = (0{,}0182 \cdot \frac{4 \cdot 6{,}08}{0{,}023} + 10{,}5) \cdot \frac{982{,}1 \cdot 1{,}87^2}{2} = \quad (1)$$

$$= 51{,}07 \text{ кПа};$$

где ξ - коэффициент сопротивления, z – число ходов воды, l – длина трубок, $d_{вн}$ – внутренний диаметр трубок, $\sum \xi$ - сумма местных сопротивлений, $\rho_в$ - плотность воды, w – скорость воды.

Параметры профильно-витых трубок: высота выступа h = 0,5 мм, расстояние между выступами S = 8 мм, число заходов z = 3.

Поправка к величине гидравлического сопротивления трубного пучка:

$$\frac{H_{тр.пр.}}{H_{тр.гл}} = 1 + 13 \cdot (\frac{3 \cdot h}{z \cdot S}) + 94 \cdot (\frac{3 \cdot h}{z \cdot S})^2 = 1 + 13 \cdot (\frac{3 \cdot 0,5}{3 \cdot 8}) + 94 \cdot (\frac{3 \cdot 0,5}{3 \cdot 8})^2 = 2,18; \quad (2)$$

Гидравлическое сопротивление профилированных трубок:

$$\Delta P_{пр} = (\xi \cdot \frac{z \cdot l}{d_{вн}} \cdot \frac{H_{тр.пр.}}{H_{тр.гл.}} + \sum \xi) \cdot \frac{\rho_в \cdot w^2}{2}) = (0,0182 \cdot \frac{4 \cdot 6,08}{0,023} \cdot 2,18 + 10,5) \cdot$$
$$\cdot \frac{982,1 \cdot 1,87^2}{2} = 90,1 \text{ кПа}; \quad (3)$$

В соответствии с расчетами можно сделать вывод – применение профильно-витых трубок приводит к увеличению гидравлического сопротивления, что потребует соответствующего увеличения мощности на прокачку теплоносителя и отразится на увеличении затрат на собственные нужды.

Источники

1. Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Блинков С.Н., Купцов В.К., Мурманский И.Б. Повышение эффективности теплообменных аппаратов паротурбинных установок за счет применения профильных витых трубок / Проблемы энергетики, 2016, № 7–8, 72–78 с.

2. Методические указания по эксплуатационному контролю за состоянием сетевых подогревателей. МУ-34-70-104-85. М., СПО «Союзтехэнерго», 1985.

3. Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Ниренштейн М.А. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок // Москва, 2016. 480 с.

4. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС / Москва, 1998. 287 с.

5. Бродов Ю.М. Теплообменники энергетических установок / Екатеринбург, 2003. 965 с.

УДК 621.311.22

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФИЛЬНО-ВИТЫХ ТРУБОК НА СКОРОСТЬ КОРРОЗИИ В СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЯХ

Аверьянова Анна Алексеевна[1], Абасев Юрий Васильевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
annaannaaver@gmail.com[1], abasev@inbox.ru[2]

Аннотация: в данной статье рассматривается влияние применения профильно-витых трубок различных марок сталей на скорость коррозии в сетевом подогревателе.

Ключевые слова: сетевой подогреватель, профильно-витые трубки, недогрев, коэффициент теплопередачи, коррозия.

INFLUENCE OF APPLICATION OF PROFILE-TWISTED PIPES ON CORROSION RATE IN MAINS HEATERS

Averyanova Anna Alekseevna[1], Abasev Yuri Vasilievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
annaannaaver@gmail.com[1], abasev@inbox.ru[2]

Abstract: *This article examines the effect of using shaped-twisted tubes of various steels on the corrosion rate in a network heater.*

Key words: *network heater, profile-twisted tubes, underheating, heat transfer coefficient, corrosion.*

Сетевые подогреватели (СП) тепловых электрических станций предназначены для отпуска тепловой энергии в теплосеть – с теплоносителем в виде горячей воды, направляемой на отопление и горячее водоснабжение внешних потребителей. Подогрев обратной сетевой воды происходит за счет теплоты отборного пара турбины.

Надежная и эффективная работа теплообменных аппаратов на тепловых электрических станциях является неотъемлемой частью показателей экономичности всей турбоустановки, поэтому повышение эффективности их работы представляет собой важную задачу.

Качественная работа сетевых подогревателей (СП) определяется температурным напором (недогревом) и коэффициентом теплопередачи [1, с. 72-78]. Основными причинами недогрева является наличие коррозионных отложений на внутренней поверхности трубок и неконденсирующихся газов в паровом пространстве теплообменника, уменьшение площади поверхности теплообмена из-за заглушения части

трубок или их затопления при повышении уровня дренажа пара из турбины [2, с. 5].

Одним из наиболее перспективных способов повышения эффективности работы теплообменника является применение различных профилированных и оребренных трубок со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи [3, с. 259].

Наибольшее применение в эксплуатации нашли именно профильно-витые трубки (ПВТ). Рассмотрим влияние применения профильно-витых трубок на скорость коррозии в зависимости от применяемого материала, воспользуемся методикой описанной в [4, с. 459].

Параметры профильно-витых трубок: высота выступа h = 0,5 мм, расстояние между выступами S = 8 мм.

$$\frac{V_{пр}}{V_{гл}} = (1 + \frac{h}{S})^{B} \cdot \exp(-C \cdot \frac{h}{S}); \quad (1)$$

где B и C – коэффициенты, зависящие от материла трубок.

Для трубок из латуни Л68:

$$\frac{V_{пр}}{V_{гл}} = (1 + \frac{0,5}{8})^{323,2} \cdot \exp(-307,1 \cdot \frac{0,5}{8}) = 1,49; \quad (2)$$

Для трубок из латуни Л070-1:

$$\frac{V_{пр}}{V_{гл}} = (1 + \frac{0,5}{8})^{204,8} \cdot \exp(-194,8 \cdot \frac{0,5}{8}) = 1,27; \quad (3)$$

Для медно-никелевых трубок МНЖ5-1:

$$\frac{V_{пр}}{V_{гл}} = (1 + \frac{0,5}{8})^{83,7} \cdot \exp(-79,3 \cdot \frac{0,5}{8}) = 1,13; \quad (4)$$

Для нержавеющей стали 12Х18Н10Т:

$$\frac{V_{пр}}{V_{гл}} = (1 + \frac{0,5}{8})^{0} \cdot \exp(0 \cdot \frac{0,5}{8}) = 1; \quad (5)$$

Анализ проведенного расчета позволяет сделать вывод, что применение профильно-витых трубок в сетевых подогревателях

увеличивает скорость их коррозии относительно использования гладких трубок, при этом наибольшее влияние (в 1,5 раза) оказывают трубки из латуни марки Л68, а внедрение ПВТ из нержавеющей стали 12Х18Н10Т не несет в себе изменения коррозионной стойкости. Снижение скорости коррозии в подогревателе приведет к увеличению тепловой производительности, уменьшению температурного напора и гидравлического сопротивления, что сократит топливные затраты и повысит технико-экономические показатели турбоустановки [5, стр. 3].

Источники

1. Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Блинков С.Н., Купцов В.К., Мурманский И.Б. Повышение эффективности теплообменных аппаратов паротурбинных установок за счет применения профильных витых трубок / Проблемы энергетики, 2016, № 7–8, 72–78 с.
2. Методические указания по эксплуатационному контролю за состоянием сетевых подогревателей. МУ-34-70-104-85. М., СПО «Союзтехэнерго», 1985.
3. Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Ниренштейн М.А. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок // Москва, 2016. 480 с.
4. Рябчиков А.Ю. Разработка и обоснование методов совершенствования рекуперативных теплообменных аппаратов турбоустановок / автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук (05.04.12) / ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. Екатеринбург. 44 стр.
5. Методические указания по безреагентным способам очистки теплообменного оборудования от отложений. РД 153-34.1-37.410-00. М., АООТ «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт», 2000.

УДК 621.311

ВЫБОР СПОСОБОВ ОПТИМИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА «Е» КГЭУ

Акберова Гульчачак Ильгамовна[1], Зиганшин Малик Гарифович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*akberova99@bk.ru,* [2]*mjihan@mail.ru*

Аннотация: Целью данной работы является исследование эффективности переключения учебного корпуса КГЭУ с централизованного теплоснабжения на децентрализованное с оптимизацией источников финансирования.

Ключевые слова: централизованный, теплоснабжения, автономный, децентрализованный.

SELECTION OF WAYS TO OPTIMIZE SOURCES OF FUNDING FOR DECENTRALIZATION OF HEAT SUPPLY FOR EDUCATIONAL BUILDING «E» OF KSPEU

Akberova Gulchachak Ilgamovna[1], Ziganshin Malik Garifovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]*akberova99@bk.ru,* [2]*mjihan@mail.ru*

Abstract: *The purpose of this work is to study the efficiency of switching the educational building of KSPEU from centralized heat supply to decentralized with the optimization of funding sources.*

Keywords: *centralized, heat supply, autonomous, decentralized.*

В работе проводится анализ возможности перевода системы теплоснабжения зданий корпуса «Е» КГЭУ на децентрализованное с автономным источником тепла.

Система теплоснабжения представляет собой сложную систему с многообразием составляющих ее элементов, в которых протекают различные по физической сущности процессы поглощения, превращения и переноса теплоты.

Множество элементов системы включает в себя пять составляющих: источник тепловой энергии (котельная установка), трубопровод прямой подачи, теплообменное устройство (радиатор), отапливаемое помещение, трубопровод обратной подачи.

Автономные источники обладают меньшей располагаемой мощностью, чем централизованные. Централизованные источники соответственно мощнее автономных и могут снабжать теплом несколько объектов. Но транспортировка тепловой энергии снижает эффективность их применения за счет потерь тепловой энергии в теплотрассах прямой и обратной подачи.

Оценка экономической эффективности проекта будет основана на методе сравнительной эффективности с сопоставлением существующих расходов на систему централизованного теплоснабжения и расходов на децентрализацию с учетом капитальных затрат и расходов эксплуатации, обслуживания при реализации альтернативных вариантов с использованием тепловых насосов, котлов на твердом, жидком и газообразном топливе, электрических котлов.

Реализация рассматриваемого проекта потребует достаточно больших капиталовложений. Поэтому в работе производится выбор оптимального способа инвестирования. В качестве источников финансирования рассматриваются варианты лизинга и кредита. Как известно, преимущество лизинга состоит в том, что заказчик может начать осуществление проекта, располагая лишь частью средств, необходимых для приобретения помещений и оборудования (имущества). При этом необходима оценка величины прибыли за счет ускорения ввода объекта в эксплуатацию.

Источники

1. Волынский Б.Н. Конструктивные решения энергосберегающих зданий. //Энергосбережение №4, 2014-с. 52-55.

2. Наумов А.Л. Тенденции развития теплоснабжения в России.//АВОК №6, 2015. 208 с.

3. Ельцов В.А. Использование энергоэффективных технологий в Смоленской области. //Энергосбережение №1, 2016 . с. 10-14.

4. Жак С.В., Сидельников В.И., Мирская С.Ю. Структура распределения тепловой энергии при анализе теплоснабжения отдельного помещения. //АВОК №4, 2014, с. 66-70.

5. Батухтин В.Д., Майборода Л.А. Оптимизация разрывных функций. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 2014. 208 с.

УДК 621.311.22

СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПАРОВЫХ ТУРБИН В СОСТАВЕ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Акобиров Дмитрий Идибекович[1], Евгеньев Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]dmitry.akobirov@mail.ru, [2]evgenev_i@mail.ru

Аннотация: в статье рассматриваются основные известные варианты повышения эффективности парогазовых установок, описаны возможные способы модернизации паровых турбин, перспективы развития паровых турбин и парогазовых установок в целом.

Ключевые слова: паровые турбины, парогазовые установки, модернизация, проточная часть, котел-утилизатор.

METHODS FOR MODERNIZATION OF STEAM TURBINES IN A COMBINED-CYCLE PLANT

Akobirov Dmitry Idibekovich[1], Evgenev Igor Vladimirovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]dmitry.akobirov@mail.ru, [2]evgenev_i@mail.ru

Abstract: *The article discusses the main known options for increasing the efficiency of combined cycle plants, describes possible ways to modernize steam turbines, the prospects for the development of steam turbines and combined cycle plants in general.*

Key words: *steam turbines, combined cycle plants, modernization, flow path, waste heat boiler.*

Развитие паровых технологий для крупных тепловых электростанций (ТЭС) на органическом топливе продолжает развиваться. Получили широкое распространение бинарные парогазовые установки с коэффициентами полезного действия 53 – 55 % и до 60 %.

Говоря об уже известных способах повышения эффективности парогазовых установок, следует отметить следующие варианты:

1. Использование теплофикационных паровых турбин в составе ПГУ с низконапорным парогенератором (НПГ) (см. рис. 1). КПД выработки электроэнергии нетто ПГУ в зависимости от выбранной ГТУ может достигнуть 38 – 40 %. Экономия топлива по сравнению с ПТУ такой же мощности достигает 10 % [1, с. 12-15].

2. Схема ПГУ КУ с параллельной работой парового котла и котла-утилизатора (КУ) (см. рис. 2), который проектируется для более полного использования теплоты выходящих газов ГТУ. КПД выработки электроэнергии нетто ПГУ может достигнуть 40 – 43 %, а экономия топлива

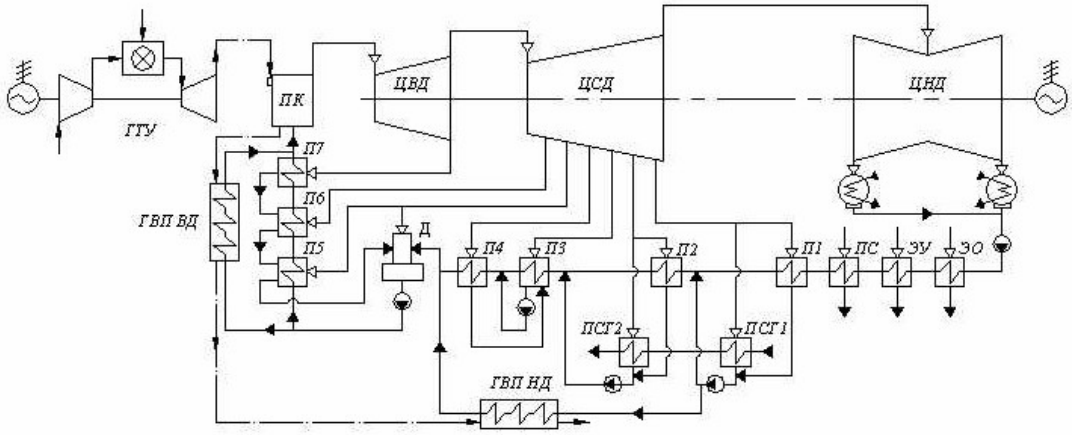


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема ПГУ НПГ (со сбросом в ПК) с паровой турбиной Т-100/120-130. ГТУ – газотурбинная установка; ПК – паровой котел; ГВП – газо-водяной подогреватель; ПСГ – подогреватель сетевой воды горизонтального типа; Д – деаэратор; ЭУ – эжектор уплотнений; ЭО – эжектор основной; ПС – подогреватель сальниковый.

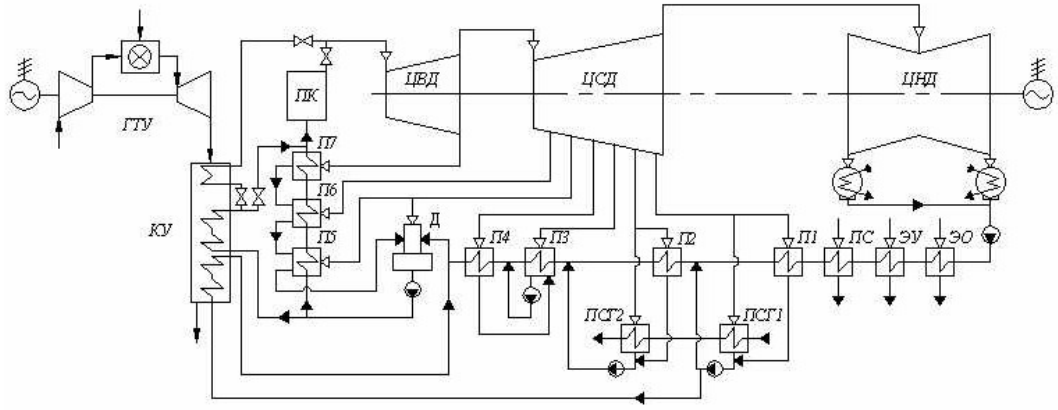


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема ПГУ с параллельной схемой работы ПК и КУ с паровой турбиной Т-100/120-130

по сравнению с ПТУ такой же мощности достигает 15 % [2, с. 57-61].

Рассматривая конструктивные особенности проточных частей паровых турбин, стоит отметить установку специальных смешивающих устройств для перемешивания подводимого пара НД с основным потоком пара [3, с. 354]. В паровой турбине Т-53/67-8,0 (см. рис. 3) сложная траектория прохождения пара проточной части и разворот его практически

на 180° обеспечивает перемешивание этого пара с потоком пара от внешнего источника и выравнивание температуры смешанного потока. В паровых турбинах Т-40/50-8,8 и Тп-35/40-8,8 [4, с. 16-20] смешивающее устройство выполнено в виде двух обечаек, между которыми установлены

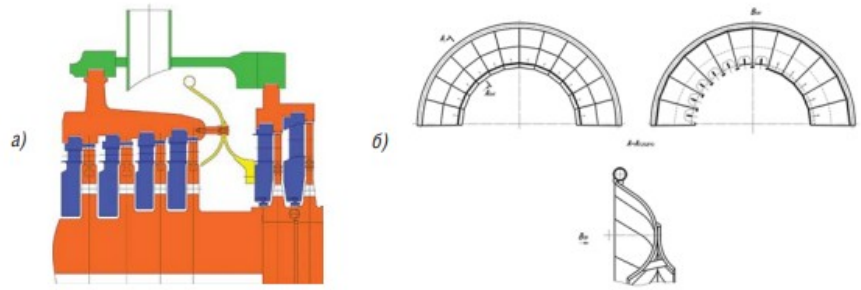


Рис. 3. Кольцевая камера для подвода контура НД в турбине Т-53/67-8.0:
а – организация камеры подвода в проточной части; б – криволинейная перегородка, разделяющая камеру на две части

профильные «стаканы» с щелевыми разрезами.

Для повышения эффективности паровых турбин ПГУ целесообразно применение всех известных современных методов совершенствования проточной части турбин. Мероприятия позволяют повысить КПД проточной части высокого и среднего давления до 90 – 94 %, а части низкого давления до 86 % [5, с. 124-127]. В перспективе целесообразно рассматривать применение осевых выхлопов для паровых турбин отечественных ПГУ.

Источники

1. Баринберг Г.Д., Коган П.В. Эффективность теплофикационной паровой турбины Тп-110/120-12,8-12М в составе ПГУ // Теплоэнергетика. 2003. № 6. С. 12-15.

2. Баринберг Г.Д., Валамин А.Е., Култышев А.Ю. Модернизация энергоблоков с паровыми теплофикационными турбинами с помощью парогазового цикла на примере Т-100/120-130 // Надежность и безопасность энергетики, 2009, №2(5), 57-61 с.

3. Мошкарин А.В., Мельников Ю.В. Анализ тепловых схем ТЭС // ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», Иваново, 2010, 460 с.

4. Култышев А.Ю., Степанов М.Ю., Поляева Е.Н. Проектирование паровых турбин АО «УТЗ» для повышения эффективности ПГУ // Турбины и дизели, 2017, 16-20 с.

5. Домрачев А.Л., Радин Ю.А. Паровые турбины для парогазовых установок, проблемы создания и эксплуатации // Всероссийский теплотехнический институт, 124-127 с.

УДК 621.311.22

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОВЫХ ТУРБИН В СОСТАВЕ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Акобиров Дмитрий Идибекович[1], Евгеньев Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]dmitry.akobirov@mail.ru, [2]evgenev_i@mail.ru

Аннотация: в данной статье описаны основные и актуальные особенности создания и эксплуатации паротурбинных установок в составе парогазовых установок. Рассматриваются основные проблемы, связанные с внедрением комбинированного цикла парогазовых установок на станции.

Ключевые слова: паровые турбины, парогазовые установки, газотурбинные установки, модернизация, проточная часть, котел-утилизатор, система регенерации.

MAIN FEATURES AND PROBLEMS OF STEAM TURBINE OPERATION IN STEAM AND GAS PLANTS

Akobirov Dmitry Idibekovich[1], Evgenev Igor Vladimirovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]dmitry.akobirov@mail.ru, [2]evgenev_i@mail.ru

Abstract: *this article describes the main and current features of the creation and operation of steam turbine plants as part of combined cycle plants. The main problems associated with the introduction of a combined cycle of combined cycle gas turbines at the station are considered.*

Key words: *steam turbines, combined cycle plants, gas turbine plants, modernization, flow path, waste heat boiler, regeneration system.*

Установка высокоэффективных парогазовых установок в отечественном турбостроении и применение новейших технологических решений в этой области требует решения ряда проблем и соблюдения необходимых требований, позволяющих достичь конкурентных показателей коэффициента полезного действия вплоть до 60 %.

Внедрение парогазовых установок (ПГУ) может осуществляться путем либо нового строительства, либо ввода турбоустановок «старой» очереди в состав ПГУ. Как известно, ПГУ обладают существенными преимуществами как по сравнению с обычными паротурбинными (ПТУ), так и газотурбинными установками (ГТУ) [1, с 57-61]. В первую очередь, они позволяют обеспечить значительно более высокую экономичность, обусловленную высокой температурой газов на входе в ГТУ, и низкой

температурой «холодного конца» ПТУ. Кроме того, ПГУ характеризуются значительно более низким уровнем вредных выбросов в атмосферу. Существенным достоинством ПГУ являются меньшие капитальные затраты. Сравнительно малые габариты ГТУ делают реальным преобразование существующих паротурбинных энергоблоков в процессе их реконструкции в ПГУ путем надстройки ГТУ в пределах существующих конструкций. Ко всем перечисленным достоинствам ПГУ необходимо также добавить высокую маневренность, так как режим совместной работы ГТУ и ПТУ может меняться в широких пределах, что позволяет их использовать для несения переменной части графика нагрузок [2, с 618].

Основные проблемы создания и эксплуатации паровых турбин для парогазовых установок связаны с обеспечением [3, с 124-127]:

– высокой экономичности в пределах всего регулировочного диапазона нагрузок в соответствии с требованиями к маневренности ПГУ;

– наименьшего времени пусков из различных тепловых состояний;

– сокращения продолжительности монтажа и запуска в эксплуатацию;

– участия паровых турбин в регулировании частоты и мощности в составе энергоблока;

– использования унифицированных конструкций цилиндров и современных проточных частей.

Примерные параметры пара для ПГУ различных типов представлены в таблице.

Таблица

Примерные параметры пара для ПГУ различных типов

ПГУ	Пар высокого давления		Пар среднего давления (промперегрев)		Пар низкого давления	
	Р, МПа	Т, °С	Р, МПа	Т, °С	Р, МПа	Т, °С
Одного давления	5 – 8	490 - 540	-	-	-	-
Двух давлений	5 – 8	490 – 540	-	-	0,5 – 0,7	200 - 230
Трех давлений	11 - 14	500 – 540	2 – 3,5	500 – 540	0,4 – 0,6	200 – 230

Говоря об особенностях паротурбинных установок, следует отметить практически полное отсутствие системы регенеративного подогрева конденсата и питательной воды [4, с. 421]. Как известно, именно

регенеративная система является основным источником экономии топлива в традиционном паротурбинном цикле. Эта экономия возникает вследствие использования теплоты конденсации потоков пара отборов из промежуточных ступеней турбины для нагрева питательной воды до температуры 240 – 280 °С перед ее подачей в котел. В утилизационной ПГУ конденсат из конденсатора поступает на вход котла-утилизатора (КУ). Чем ниже температура этого конденсата, тем ниже температура уходящих газов КУ и выше и его экономичность. Отсутствие регенеративного подогрева питательной воды в ПТУ утилизационных ПГУ приводит к тому, что ее экономичность оказывается существенно ниже, чем КПД традиционных ПТУ. Однако следует помнить, что мощность паровой турбины утилизационной ПГУ получают за счет использования «бросовой» теплоты выхлопных газов ГТУ, и поэтому возникает «бесплатная» прибавка мощности, равная примерно половине мощности ГТУ [5, с 12-15].

Другой особенностью ПТУ утилизационных ПГУ является использование докритических параметров пара. Нет сомнений в том, что переход на сверхкритические параметры приведет к повышению КПД паротурбинного цикла, однако нет уверенности в том, что это повышение не будет в значительной степени «съедено» уменьшением высоты облопачивания первых ступеней паровой турбины. Кроме того, существенный рост начальных капиталовложений и эксплуатационных затрат может полностью снять эффект от чрезмерного повышения начальных параметров паротурбинного цикла.

Источники

1. Баринберг Г.Д., Валамин А.Е., Култышев А.Ю. Модернизация энергоблоков с паровыми теплофикационными турбинами с помощью парогазового цикла на примере Т-100/120-130 // Надежность и безопасность энергетики, 2009, №2(5), 57-61 с.

2. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины // Энергоатомиздат, 1990, 641 с.

3. Домрачев А.Л., Радин Ю.А. Паровые турбины для парогазовых установок, проблемы создания и эксплуатации // Всероссийский теплотехнический институт, 124-127 с.

4. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций. Учебное пособие для вузов // Издательский дом МЭИ, 2013, 648 с.

5. Баринберг Г.Д., Коган П.В. Эффективность теплофикационной паровой турбины Тп-110/120-12,8-12М в составе ПГУ // Теплоэнергетика. 2003. № 6. С. 12-15 с.

УДК 621.311

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЫНОК

Ахметова Алия Тимуровна[1], Низамова Альфия Шарифовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]fkbz115@mail.ru, [2]nizamova_tes@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются модели организации энергетического рынка, субъекты оптового рынка электроэнергии и мощности. Предоставлен ориентировочный расчет стоимости электроэнергии и мощности.

Ключевые слова: электроэнергетический рынок, энергия, мощность, ценообразование.

ENERGY MARKET

Aliya Timurovna Akhmetova[1], Alfiya Sharifovna Nizamova[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]fkbz115@mail.ru, [2]nizamova_tes@mail.ru

Abstract:*The article deals with the models of energy market organization, the subjects of the wholesale electricity and power market. Rough estimation of electricity and capacity cost is given.*

Key words: *electric power market, power, capacity, pricing.*

Российский энергетический рынок представляет собой рынок электроэнергии и тепловой энергии. По данным на 2020 год, Россия занимает четвертое место по производству и потреблению электроэнергии. Лидирующие позиции на протяжении многих лет занимают Китай и Соединенные Штаты Америки.

Электроэнергетический рынок – это совокупность процессов по купле-продаже следующих категории товаров и услуг:

– электрической энергии;

– электрической мощности;

– технологических услуг, связанных с обеспечением качества и надежности энергосбережения;

– услуг по повышению энергоэффективности, предоставляемым потребителям;

– услуг по транспорту и распределению электроэнергии;

– услуг по сбыту энергии, включая расчеты и измерения.

Существуют четыре основных вида модели организации энергетического рынка:

1. Модель 1 – «регулируемая естественная монополия»;
2. Модель 2 – «закупочное агентство»;
3. Модель 3 – «конкуренция на оптовом рынке»;
4. Модель 4 – «конкуренция на оптовом и розничном рынках»;

Данные модели организации рынка энергии составляют ступенчатый переход от государственного регулирования энергетического хозяйства к свободным рыночным отношения.

В Российской Федерации существует модель рыночных отношений в сфере энергетики. К настоящему моменту действует двухуровневый рынок. Первым звеном является оптовый рынок, вторым - розничный. Последний обеспечивает энергоснабжением конечных потребителей. Оптовый рынок представляет собой мощности, энергии, а также системных услуг.

Субъектами оптового рынка энергии и мощности (ОРЭМ) являются энергосбытовые (ЭСК) и электросетевые компании, гарантирующие поставщики (ГП), крупные потребители. ЭСК приобретают электрическую энергию и мощность и осуществляют реализацию товаропотребителю по свободным ценам на розничном рынке. Крупные потребители производят покупку электроэнергии на ОРЭМ для собственного потребления.

Установление цен в секторах оптового рынка энергии и мощности формируется на основании основополагающих принципов и механизмов ценообразования. Существуют два виды ценообразования:

– регулируемые государством (цены устанавливаются государством);

– конкурентные (рыночные, свободные), цена формируется на основе спроса и предложения.

При государственном регулировании осуществляется развитие генерирующих мощностей станций и межсистемных связей, обеспечивается энергетическая безопасность государства, поддерживается надежность энергоснабжения.

Приведем пример расчета цен на электроэнергию и мощность на розничном рынке электроэнергии и мощности. Информация приведена по данным за недельный период за октябрь 2021 г. по потребителю ПАО «Казаньоргсинтез». Цены приведены без учета НДС.

Максимальная мощность составляет свыше 10 МВт, тарифный уровень напряжения ВН, 4 ценовая категория. Суточное электропотребление в течение суток 4714285 кВт*ч, максимальная

мощность в течение суток 196428 кВт. Средняя цена на оптовом рынке энергии и мощности составила:

– на мощность – 847,00074 руб/кВт*ч;

– на электроэнергию – 1,47716 руб/кВт*ч.

Стоимость без НДС составляет:

– на мощность – 116375118 руб;

– на электроэнергию – 259969891 руб.

Формирование стоимости электроэнергии (мощности) зависит от многих факторов, таких как максимальная мощность энергопринимающих устройств, характера нагрузки электропотребления, уровня напряжения в точке подключения потребителя.

Источники

1. Низамова А.Ш. Технико-экономические основы выбора параметров ТЭС и внедрения нового оборудования: Учеб.пособие / Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2018. 137 с.

2. Дронова Ю.В. Организация энергетического рынка: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. 87 с.

3. Филиппова Т.А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем: учебник / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. 294 с.

4. Наумкин Р.Б. Ценообразование на розничном рынке электроэнергии и мощности // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента / Сиб. гос. индустр. ун-т. Кемерово; Новокузнецк: Изд.центр СибГИУ,2014. С.265

5. Статистический ежегодник мировой энергетик [Электронный ресурс] – https://yearbook.enerdata.ru/

6. Ценовой калькулятор для потребителей электрической энергии и мощности [Электронный ресурс] – https://tatenergosbyt.ru/orgs/calc-org-full/

УДК 628.16

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФИЛЬТРА СМЕШАННОГО ДЕЙСТВИЯ

Бабиков Олег Евгеньевич[1], Власов Сергей Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*Olegsey1998@yandex.ru*

Аннотация: Целью работы является количественная оценка и анализ бактериального загрязнения фильтра смешанного действия на лабораторной установке. Для получения результатов по определению количества бактерий в модельных растворах использовался метод АТФ-люминометрии прибором *System SURE Plus*. Проведено сравнение данных с результатами, полученными при анализе проб воды с Казанской ТЭЦ-1.

Ключевые слова: водоподготовительная установка, биологическое загрязнение, люминометрия, бактерии, фильтр смешанного действия.

RESEARCH OF THE BIOLOGICAL CONTAMINATION OF THE MIXED-BED FILTER

Babikov Oleg Evgenievich[1], Vlasov Sergey Mikhailovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]*Olegsey1998@yandex.ru*

Abstract: *The article provides a quantitative assessment and analysis of bacterial contamination of a mixed-bed filter in a laboratory setup. To obtain the results of determining the number of bacteria in the model solutions, the ATP luminometry method was used with the System SURE Plus device. The data are compared with the results obtained by analyzing water samples from Kazan CHPP-1.*

Keywords: *water treatment plant, biological contamination, luminometry, bacteria, mixed-bed filter.*

На оборудовании ТЭС (водоподготовительных установках (ВПУ), системах оборотного охлаждения, конденсаторах паровых турбин) в процессе эксплуатации могут формироваться колонии микроорганизмов [1–4]. Состав и количество бактерий на установках водоподготовки ТЭС зависит от источника водоснабжения, сезонности, водно-химического режима.

Сотрудниками ФГБОУ ВО «КГЭУ» был проведен анализ проб воды на установках водоподготовки КТЭЦ-1 с помощью *BART* тестов [5].

Бактериальное загрязнение анализировалось по методике Droycon Bioconcepts Inc. Общее микробное число в пробе исходной воды составило 1270000 КОЕ/мл, что немного превышает нормированное значение. На установках предварительной очистки, Н-ОН I-II ступени ВПУ КТЭЦ-1 количество бактерий в пробах уменьшилось до 48000 КОЕ/мл. В пробах воды, отобранных на выходе из ФСД, количество бактерий находилось в пределах 6890000–6350000 КОЕ/мл, что свидетельствует о сильном биологическом загрязнении на данном этапе водоподготовки.

На основе полученных результатов промышленных испытаний на КТЭЦ-1, проведены дополнительные лабораторные исследования на модельных растворах для определения биологического загрязнения ФСД. Целью исследований было наблюдение динамики процесса загрязнения ионообменных смол, находящихся в контакте с теплоносителем, в который были искусственно введены бактерии. Была собрана лабораторная установка, позволяющая смоделировать процессы, происходящие в ФСД (режим «работы» и «регенерации» фильтра модельными растворами). Состав модельных растворов: 6 % HCl, 4 % NaOH и вода из р. Волги.

Методом глубинного посева в чашке Петри было выращено более $1 \cdot 10^6$ КОЕ/мл бактерий. Количество бактерий определялось с помощью люминометра System SURE Plus через каждые 10 ч. Полученные бактерии были перенесены в раствор, моделирующий теплоноситель, который находился в баке жидкостного термостата LOIP LT-108a. В течение четырех суток на лабораторной установке был смоделирован процесс «работы» и «регенерации» ФСД фильтра.

В начале работы ФДС количество бактерий находилось на уровне $0{,}92 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Такое явление было вызвано формированием биопленки на стенках ионообменной колонки. В течение эксперимента наблюдался рост колоний бактерий в пробах воды на выходе из ФСД и через 96 часов количество бактерий в пробе воды составило $1{,}3 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. После режима «работа» установка была переведена на режим «регенерация» растворами HCl и NaOH, затем фильтр был промыт дистиллированной водой.

В результате проведенных исследований выявлено, что при режиме «работа» на ФСД возможен рост бактериального загрязнения. Основная часть бактерий выводится вместе с отработанным регенерационным раствором. Но даже после регенерации внутри фильтра имеются загрязнения, которые могут вызвать рост новообразованных колоний бактерий. Полученные результаты лабораторного опыта согласуются с результатами экспериментов, проведенных на установках подготовки воды

на Казанской ТЭЦ-1, где также наблюдалось значительное биологическое загрязнение проб воды, взятых после ФСД фильтра.

Для предотвращения бактериального загрязнения, повышения надежности и эффективности работы ФСД фильтра предлагается проводить дополнительную химическую или УФ-обработку воды перед фильтром, термическую обработку или проводить коррекцию водно-химического режима на стадии предварительной очистки воды перед ионообменной установкой.

** Работа выполнена при финансовой государственной поддержке молодых российских ученых – докторов наук при Президенте РФ (Конкурс –МК-2020). Заявка № МК-424.2020.5. Соглашение № 075-15-2020-170.*

Источники

1. Ларин Б.М., Ларин А.Б., Козловский В.В.. Состояние технологии обработки воды на тепловых электростанциях. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС. Цели и задачи [Текст]: сб. докл. / под общ. ред. Е.В. Ереминой. VII Международная научно-техническая конференция.М.: ОАО «ВТИ», 2020 112 с.

2. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А., Власов С.М., Власова А.Ю. Методы снижения бактериального загрязнения систем оборотного охлаждения ТЭЦ //Теплоэнергетика. 2015 №7. С.62.

3. Zsuzsa Kéki, Judit Makk, Katalin Barkács, Balázs Vajna, Márton Palatinszky, Károly Márialigeti. Critical point analysis and biocide treatment in a microbiologically contaminated water purification system of a power plant. SN Applied Sciences (2019).

4. Shimaa M. Abdelsalam, Zeinab M.H. Kheiralla, Feriala A. Abo-Seif and Shereen M. E. Asker. Abiotic Factors and Microbial Communities Fouling Anion Exchange. Resin Causing Performance Deficiency in Electric Power Plants. Egypt. J. Micro. Vol. 52, pp.17-28 (2017) doi: 10.21608/ejm.2017.812.1017.

5. Biological Activity Reaction Test (BART TM) User Manual. Droycon Bioconcepts Incorporated, Regina, Saskatchewan, DBI, 2002.

УДК 621.311.25

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ (АСММ) РЕАКТОРА РИТМ-200

Базин Дмитрий Александрович[1], Гиниятуллин Булат Анварович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*rezort12@mail.ru*

Аннотация: Во всём мире возрастает интерес к атомным станциям малой мощности. Это обоснованно тем, что в сложных природных условиях традиционные энергоисточники не в состоянии повсеместно удовлетворить энергетические потребности в тепле и электроэнергии. Затраты на передачу электроэнергии могут в разы превышать стоимость её производства. Эту и другие проблемы позволяют решать АСММ.

Ключевые слова: энергия, атомные станции, мощность, реактор, перспективы, топливо, ТВЭЛ, экологичный.

PROSPECTS FOR THE USE OF SMALL NUCLEAR POWER PLANTS (SNPP) OF REACTOR RHYTHM-200

Dmitriy Alexandrovich Bazin[1], Bulat Anvarovich Giniatullin[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*rezort12@mail.ru*

***Abstract**: All over the world there is an increasing interest in small nuclear power plants. This is justified by the fact that in complex natural conditions traditional energy sources are not able to meet energy needs in heat and electricity everywhere. Electricity transmission costs can be many times higher than the cost of its production. This and other problems can be solved by SNPP.*

***Key words**: energy, nuclear power plants, power, reactor, prospects, fuel, TVEL, environmentally friendly.*

Атомные станции малой мощности (АСММ) – одно из перспективных направлений деятельности Госкорпорации «Росатом». АСММ предназначены для удалённых районов с неразвитой сетевой инфраструктурой, в которых нецелесообразно сооружение более мощных АЭС. Станции малой мощности имеют целый ряд очевидных преимуществ, связанных непосредственно с энергетической составляющей. В их числе – обеспечение энергонезависимости труднодоступных территорий, а также экологически чистое, безуглеродное производство энергии [1].

На Машиностроительном заводе (АО «МСЗ»; предприятие Топливной компании Росатома «ТВЭЛ») изготовили опытную тепловыделяющую сборку с ядерным топливом для реактора РИТМ-200Н, который будет установлен в первой в мире наземной атомной станции малой мощности (АСММ) в Усть-Янском районе Республики Саха (Якутия) [2].

Строительство АСММ позволит преодолеть основные инфраструктурные ограничения запуска перспективных коммерческих проектов и обеспечит стабильность энергоснабжения и цен на электрическую энергию. Электрическая мощность станции составит не менее 55 МВт, срок службы незаменяемого оборудования – до 60 лет.

Основные преимущества АСММ на базе судовых технологий [2]:

1. Компактный размер, позволяющий размещение в удаленных районах и на ограниченных площадках.
2. Возможность создавать необходимую мощность АСММ в зависимости от требования заказчика за счет выбора количества модулей, что снижает стоимость и сроки строительства.
3. Возможность использования АСММ для опреснения морской воды (при условии установки дополнительного оборудования) и производства тепловой энергии.
4. Небольшой срок строительства АСММ по сравнению с крупными энергообъектами.
5. Экологически чистый вид энергии.
6. Минимальные объемы и стоимость капитального строительства на площадке эксплуатации АС.
7. Атомные станции малой мощности могут работать в режиме отслеживания нагрузки, диапазон маневрирования от 10 до 100 %.

Атомные станции в наземном исполнении (см. рис. 2.).

Госкорпорация «Росатом» развивает широкую линейку атомных электростанций малой мощности. В качестве флагманского проекта в сегменте наземных АСММ выступает атомная станция на базе реакторной установки РИТМ-200 мощностью 50 МВт. Это универсальное масштабируемое решение, которое подходит как для стран, не готовых к реализации проекта АЭС большой мощности, так и для территорий с ограниченной энергетической инфраструктурой и удаленных регионов [1].

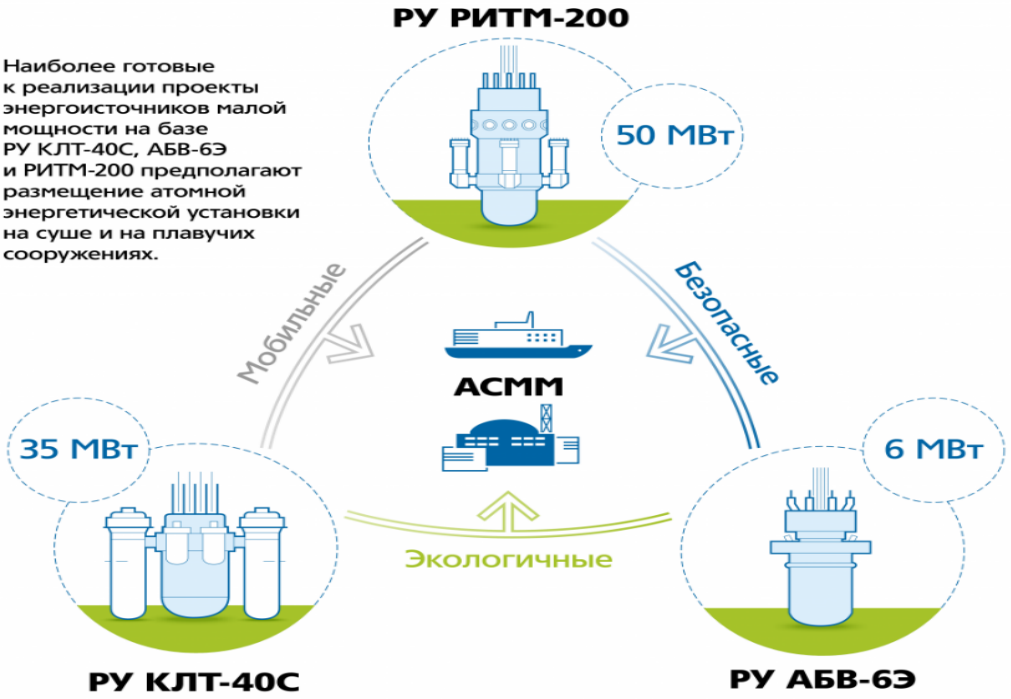


Рис. 1. АСММ на базы реактора РИТМ-200

Особенностью АСММ является размещение двух РУ в индивидуальных защитных оболочках в одном здании (традиционная для судовых РУ компоновка). Такое решение позволяет выполнить единым комплекс систем и оборудования, обслуживающий сразу обе РУ (перегрузочный комплекс, хранилище свежего и отработавшего ядерного топлива, радиоактивных отходов, системы водоподготовки и т.п.), обеспечив при этом независимость обеих РУ, практически такую же, которая достигается при размещении двух однореакторных блоков на одной площадке.

Перспективы и развитие. Малые атомные реакторы становятся новым курсом на декарбонизацию экономик мира. Из преимуществ небольших реакторов можно назвать сравнительно короткие сроки строительства, вплоть до считанных месяцев, если реакторы полностью как батарейки собирать на заводе и готовыми доставлять заказчику, и гибкое управление мощностью, что крайне важно для возобновляемой энергетики. Это важно как для дальних регионов, так и для регионов со сложными климатическими условиями. Такие станции позволяют покрыть все тепловые и электрические затраты.

Одним из направлений движения энергетики к «зеленой» экономике является переход на новые источники энергии, в первую очередь это относится к использованию водорода [4, с.71].

В нашей стране для электролиза водорода идеально подходят мощности недозагруженных ГЭС, ВЭС или АЭС. Наличие такой присоединенной нагрузки как электролизное производство водорода очень выгодно для АЭС, так как обеспечивает работу станции на постоянном уровне мощности, сглаживая «синусоиду» нагрузки в периоды низкой загруженности [5, с.93].

Перейдём к минусам: Неприятной стороной АСММ остаётся высокая цена эксплуатации и стоимость электроэнергии. Оборот ядерного топлива может оказаться непомерно высоким с точки зрения затрат на поддержание работы маломощных реакторов. Сегодня малые АЭС с учетом расходов на организацию системы оборота топлива обходятся в $5–7 тыс. за 1 кВт. В будущем себестоимость выработки обещает снизиться до приемлемых $50–$60 за один мегаватт-час, но без новых типов реакторов это вряд ли получится.

Основные заказчики АСММ на сегодняшний день: Китай, Бразилия, Америка, Африка.



Рис. 2. АСММ с РУ РИТМ-200

Источники

1. Официальный сайт Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [Электронный ресурс] https://www.rosatom.ru/

2. «ТВЭЛ РОСАТОМ» [Электронный ресурс] https://www.tvel.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=9082

3. Акционерное общество «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И.И. Африкантова» (АО «ОКБМ Африкантов») [Электронный ресурс] http://www.okbm.nnov.ru/business-directions/atomnye-stantsii-maloy-sredney-moshchnosti-i-plavuchie-atomnye-teploelektrostantsii/

4. Яруллин Р.С., Салихов И.З., Черезов Д.С., Нурисламова А.Р. Перспективы водородных технологий в энергетике и в химической промышленности // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 2. С. 70-83. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-2-70-83.

5. Челтыбашев А.А., Караченцева Я.М. Возможности развития водородной энергетики в Мурманской области // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 2. С. 93-103. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-2-93-103.

УДК 621.165

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНДЕНСАЦИОННОГО КОТЛА

Барочкин Алексей Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет»,
г. Иваново, Россия
acorp27@yandex.ru

Аннотация: В статье предложена модель конденсационного котла как противоточного двухступенчатого трехпоточного теплообменника со скользящей границей фазового перехода, приведены результаты расчетного анализа котла для различных режимов его работы.

Ключевые слова: математическая модель, энергосбережение, ресурсосбережение, конденсационные котлы, граница фазового перехода.

MATHEMATICAL MODELING AND CALCULATION OF CONDENSING BOILER

Alexey EvgenievichBarochkin
FSBEI HE «Ivanovo State Power Engineering University», Ivanovo, Russia
acorp27@yandex.ru,

Abstract: *The article proposes a model of a condensing boiler as a two-stage three-flow counter-flow heat exchanger with a sliding boundary of the beginning of the phase transition, the results of a calculated analysis of the boiler for various modes of its operation are presented.*

Keywords:*mathematical model, energy saving, resource saving, condensing boilers, phase transition boundary.*

Проблема энергосбережения и рационального природопользования отнесена указом президента к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации. Одним из путей решения данной проблемы в энергетической отрасли является использование конденсационных котлов, в которых за счет снижения температуры уходящих газов ТЭС существенным образом сберегаются тепловая энергия и ресурсы [1]. Для повышения эффективности функционирования конденсационного котла предлагается его математическая модель и метод расчета на примере газового котла GEFFEN MB, продольный разрез которого с указанием направлений движения теплоносителей приведен на рис.1, а. [1–2].

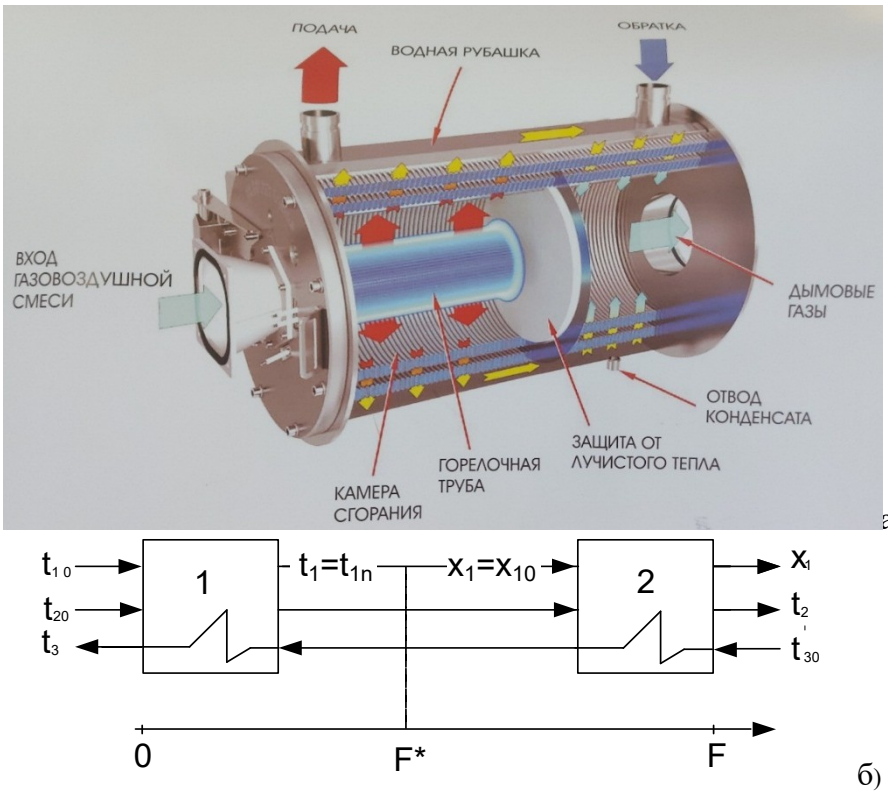


Рис. 1. Продольный разрез котла GEFFEN MB с указанием направления потоков теплоносителей (а) и его расчетная схема (б)

Газовоздушная смесь через горелочную трубу подается в камеру сгорания, где происходит преобразование химической энергии топлива в тепловую энергию дымовых газов. Проходя в межтрубном пространстве водной рубашки, газы за счет разности температур передают тепловую энергию сетевой воде.

Для разработки модели процесса теплопередачи в конденсационном котле составляется его расчетная схема, вид которой представлен на рис.1,б. Для описания конденсации водяных паров из уходящих газов в расчетной схеме выделяются три потока теплоносителей: водяные пары, содержащиеся в дымовых газах, сухие дымовые газы и охлаждающая вода. Расчетная схема включает две ступени: ступень охлаждения, ступень конденсации водяных паров. Считается, что движение потоков водяных паров и дымовых газов по ступеням организовано в противоположном направлении по отношению к охлаждающей воде. В качестве определяющей координаты процесса выбирается площадь поверхности нагрева F, направление оси которой выбирается по ходу движения газов. Для описания процессов тепломассообмена в трех теплоносителях используется модель в виде системы трех дифференциальных уравнений [3-5]. При этом в первой ступени в качестве определяемых параметров теплоносителей используются температуры потоков, а во второй ступени при достижении водяными парами

температуры точки росы в качестве определяемого для этого потока параметра используется доля водяных паров в пароводяной смеси.

Результаты расчетного анализа, выполненного согласно описанной модели, представлены на рис. 2 в виде зависимости температуры теплоносителей (t) и доли водяных паров (x) вдоль поверхности нагрева (F) для трех потоков теплоносителей.

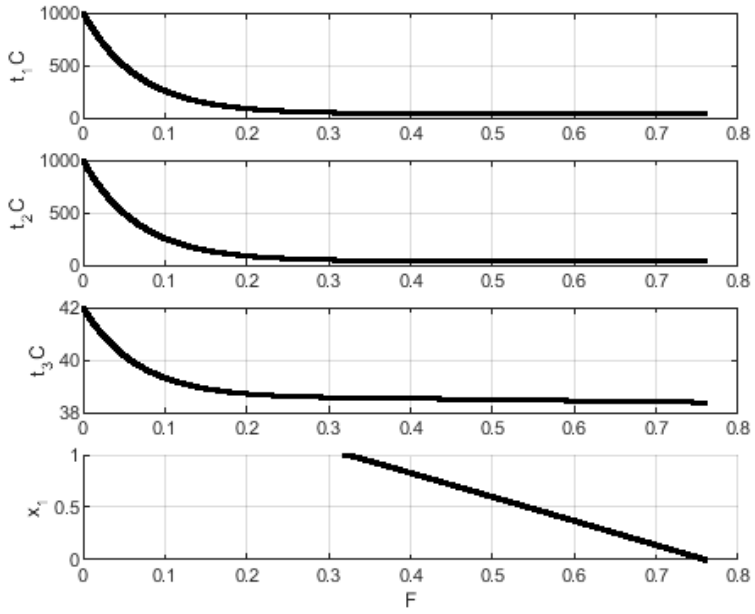


Рис. 2. Расчетные зависимости температуры (t) и доли водяных паров (x) вдоль поверхности нагрева для трех потоков теплоносителей: индекс 1– водяные пары, 2–сухие дымовые газы, 3–охлаждающая вода

Анализ полученных результатов позволяет определить границу начала фазового перехода и степень извлечения влаги из дымовых газов при различных режимах работы установки.

Источники

1. Котёл отопительный водогрейный газовый типа GEFFEN MB [Электронный ресурс]. http://www.geffen.ru/.(дата обращения: 10.09.2021).

2. Седлов А.С., Солодов А.П., Бухонов Д.Ю. Получение конденсата из уходящих дымовых газов на экспериментальной установке ОАО ГРЭС-24 // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. №5(43). С.76–77.

3. Жуков В.П., Барочкин Е.В. Системный анализ энергетических тепломассообменных установок. Иваново: ИГЭУ, 2009. 176 с.

4. Барочкин А.Е., Жуков В.П., Беляков А.Н. Исследование процесса теплопередачи в многопоточных теплообменных аппаратах // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2011. Т. 54, Вып. 11. С. 116–119.

5. Барочкин А.Е., Жуков В.П. Моделирование и расчет многопоточных теплообменных аппаратов // Вестник ИГЭУ. 2017. №. 3. С. 70-75.

УДК 614/5: 644.36

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Валирахманова Ильвина Рафисовна[1], Вилданов Рустем Ренатович[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]valilvina@gmail.com, [2]rustrenat@rambler.ru

Аннотация: в настоящее время достаточно остро стоит проблема ухудшения зрения. Одним из важных факторов, влияющих на здоровье глаз, являются новые системы искусственного освещения, пришедшие на смену лампе накаливания. С точки зрения энергетической эффективности люминесцентные и светодиодные лампы являются лидерами по сравнению с лампой накаливания. Но являются ли они безопасными для здоровья наших глаз и не приведут ли эти энергоэффективные технологии к резкому снижению остроты зрения и возникновению других заболеваний глаз у населения. В погоне за экономической выгодой, перестали в полной мере учитываться условия, необходимые для комфортного функционирования зрительного аппарата.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, светодиодные лампы, люминесцентные лампы, лампы накаливания, безопасное освещение.

IN RELATION TO ENERGY-EFFICIENT LIGHTING

Valirahmanova Ilvina Rafisovna[1], Wildanov Rustem Renatovich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]valilvina@gmail.com, [2]rustrenat@rambler.ru

Annotation: *At present, the problem of impaired vision is quite acute. An important factor affecting eye health is the new artificial lighting system replacing the incandescent lamp. From the point of view of energy efficiency, fluorescent and LED lamps are the leaders compared to incandescent lamps. But whether they are safe for the health of our eyes and whether these energy-efficient technologies will lead to a dramatic reduction in visual acuity and other eye diseases in the population. In the search for economic gain, the conditions necessary for the comfortable functioning of the visual apparatus have ceased to be fully taken into account.*

Keywords: *Energy efficiency, LED lamps, fluorescent lamps, incandescent lamps, safe lighting.*

По данным ВОЗ в среднем у каждого седьмого жителя России имеются проблемы с здоровьем глаз. Причин несколько: генетическая предрасположенность, использование гаджетов, большая нагрузка на зрительный аппарат [1–3]. Еще одной немаловажной причиной является использование небезопасных искусственных источников света.

Наиболее благоприятным светом для нас является естественный дневной свет. Это значит, что для комфорта необходим свет, наиболее приближенный к естественному. С этой задачей с 1879 года хорошо справлялась лампа накаливания, но ввиду ее низкого коэффициента полезного действия (КПД), который составляет не более 6 %, на смену сначала пришли люминесцентные, а затем светодиодные лампы. КПД люминесцентных ламп приближается к 60 %, а КПД светодиодных ламп достигает 95 % [4–6]. Очевидно, что с экономической точки зрения лампы люминесцентные и светодиодные являются наиболее выгодными. А вот с точки зрения безопасности для здоровья выгода не столь очевидна.

Наряду с ультрафиолетовым излучением опасным для зрительного аппарата также является участок синего света видимого диапазона длин волн [3]. При большой интенсивности синий свет негативно влияет на сетчатку глаза, видоизменяя ее. Для сравнения интенсивность синего света в спектре светодиодной лампы более чем в пять раз больше, чем в спектре лампы накаливания. Так с увеличением времени работы спектр светодиодных ламп изменяется: интенсивность синего света увеличивается.

До настоящего времени все силы в производстве источников света были направлены на энергосбережение. Но в погоне за экономической выгодой, мы упускаем из виду то, что искусственные источники света должны быть в первую очередь безопасными для глаз и в полной мере отвечать санитарным нормам освещенности [7].

Источники

1. Борисов А.Н., Шириев Р.Р. Светодиодный источник света с повышенной светоотдачей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 1-2. С. 111-119. DOI:10.30724/1998-9903-2019-21-1-2-111- 119.

2. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Нарушение меланопсинового эффекта сужения зрачка - фактор риска заболевания глаз // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 132-148. ISSN 2308-1155. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/300950 (дата обращения: 15.10.2021). Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Денисова А.Р., Денисова А.Р., Хайруллина Д.Р. Исследование воздействия синего света // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : материалы Всероссийской научно-

практической конференции, Казань, 20–21 марта 2019 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 232-235.

4. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Риски развития возрастной макулярной дегенерации и светодиодное освещение // Анализ риска здоровью. 2017. № 4. С. 129-146. ISSN 2308-1155. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/303578 (дата обращения: 15.10.2021). Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. М.: ГП ЦПП, 1995.

6. Черных В.Т., Черных Г.С., Борисов А.Н. Способ изготовления оптического модуля светодиодного светильника: пат. 2580178 Рос. Федерация. /; № 2014154320/28; заявл. 30.12.2014 ; опубл. 10.04.2016, Бюл. №10

7. Денисова А.Р., Савин Н.А. Энергоэффективная система автоматического регулирования светового потока светодиодных светильников // Фёдоровские чтения 2020: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы, Москва, 17–20 ноября 2020 года. Москва: Издательский дом МЭИ, 2020. С. 121-126.

УДК 621.313.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Варганова Ангелина Михайловна[1], Закирова Ильмира Асхатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]linavrgnv@gmail.com, [2]ilmira-07@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются современные инженерные системы, основанные на программе «Умный дом», с внедрением теплового пункта и автоматизированной системы учета тепла.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, цифровизация, умный дом, тепловой пункт, автоматизированная система учета тепловой энергии.

INCREASING THE EFFICIENCY OF HEAT POWER SYSTEMS

Varganova Angelina Mikhailovna[1], Zakirova Ilmira Askhatovna[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]linavrgnv@gmail.com, [2]ilmira-07@mail.ru

Abstract: *The article discusses modern engineering systems based on the «Smart House» program with the introduction of a heat point and an automated heat metering system.*

Keywords: *housing and communal services, digitalization, smart home, heating point, automated heat energy metering system.*

Жилищно-коммунальная сфера, с её километрами изношенных сетей и большими объёмами потребляемых ресурсов, в настоящее время является областью применения новых энергосберегающих технологий и современных материалов. Только при транспортировке теплоносителя к потребителю теряется до 27 % воды и не меньше 15 % тепла [1].

Однако совершенствование жилищно-коммунального хозяйства подразумевает не только внедрение новых приборов и материалов, снижающих расход ресурса, но и использование прорывных информационных технологий, внедрения цифровизации и цифровой трансформации коммунальной и городской инфраструктуры.

Широкое использование цифровых технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве позволяет повысить эффективность

функционирования коммунальных организаций, обеспечить безопасность для управляющих компаний и потребителей коммунальных услуг [2].

Одной из важнейших инноваций в сфере ЖКХ является внедрение систем автоматизации. Эффективно управлять ресурсами, повысить безопасность и обеспечить комфортные условия жизнедеятельности для человека позволяет система «Умный дом».

Умный дом – это система управления, объединяющая инженерное оборудование зданий в единый, сложно работающий организм. Этот организм будет бороться с забывчивостью жильцов, экономно использовать электроэнергию, тепло, воду, газ, создаст условия для максимального комфорта, будет контролировать работу домашних приборов и информировать обитателей об определенных ситуациях, где бы они не находились.

Инновационные технологи в ЖКХ с применением системы «Умный дом» развиваются в следующих направлениях:

1. Освещение и электрика. Плавная регулировка уровня яркости освещения, дистанционное и автоматическое управление освещением, таймеры, сценарии. Дистанционное управление электрооборудованием.

2. Дистанционное управление отоплением: контроль и изменение температур, создание сценариев. Система отопления, вентиляции и кондиционирования объединяются в единую сеть для автоматического поддержания комфортного микроклимата в доме.

3. Контроль системы водоснабжения и протечки воды. Возможность удаленного открытия и закрытия воды. Автоматическое закрытие воды при появлении протечки.

4. Кондиционирование и вентиляция. Наличие датчика концентрации CO_2 обеспечивает постоянный мониторинг качества воздуха. Создание уютного микроклимата по сигналам датчиков температуры и влажности с учетом одновременной работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

5. Безопасность и охранно-пожарная сигнализация. Современная интеллектуальная охранная система с возможностью передачи мгновенных сообщений и дистанционным управлением сигнализацией. Контроль состояния всех систем для оперативного выявления технических проблем.

6. Управление системой видеонаблюдения и домофоном: удаленный просмотр видео в режиме реального времени на мобильном устройстве, запись видео, сохранение в облачном сервисе [3].

В системе умного отопления отдельным кабелем подключается датчик температуры и непосредственно исполнительный механизм, а

система защиты от протечки воды состоит из шарового крана с электроприводом и датчиков протечки воды. Отдельным кабелем к щиту автоматики подключается шаровый кран с электроприводом, а датчик протечки подключается собственным проводом к умному контроллеру [3].

В многоквартирных домах установка тепловых пунктов обеспечивает комфортную температуру в помещениях при минимальных затратах на эксплуатацию, поскольку нет необходимости регулировать параметры теплоносителя в источнике теплоснабжения при колеблющихся температурах наружного воздуха в течение суток [4, С.60].

Создание автоматизированной системы коммерческого учета тепловой энергии позволяет повысить достоверность учета потребляемого тепла и теплоносителя, обеспечивает устойчивость работы системы теплоснабжения и постоянный мониторинг состояния приборов учета на предмет корректности работы, что позволяет наблюдать за технологическими процессами на узле учета тепла в режиме реального времени.

Таким образом, на сегодняшний день в сфере жилищно-коммунального хозяйства имеется огромное количество возможных эффективных применений инноваций и передовых технологий.

Основные направления данной работы заключаются в том, чтобы обеспечить максимально комфортные условия для человека, используя современные способы управления системой отопления, ведь именно на нее тратится около 70 % энергии, расходуемой в доме [5].

Источники

1. Особенности инноваций в ЖКХ России [Электронный ресурс] // Доступно по: https://viafuture.ru/katalog-idej/innovatsii-v-zhkh (дата обращения: 18.10.2021).

2. Яковлева И.В. К вопросу о цифровизации сферы жилищно-коммунального хозяйства // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 6-1. С. 142-148.

3. Умный дом для управляющих компаний [Электронный ресурс] // Доступно по: https://umnyj-doms.ru (дата обращения: 18.10.2021).

4. Звонарева Ю.Н. Влияние внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость и эффективность систем теплоснабжения: дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук / Казань 2019. 178 с.

5. Медведева Г.А. Бирюкова А.Э. «Современные тенденции использования энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном комплексе». Интернет-журнал «Науковедение», Том 9, №2, 2017.

УДК 697.1

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Гусева Алина Александровна[1], Абасев Юрий Васильевич[2]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]aalina.gu@gmail.com, [2]abasev@inbox.ru

Аннотация: В статье были рассмотрены пути повышения энергоэффективности зданий и сооружений за счет снижения теплопотерь через ограждающие конструкции и использования более качественных материалов способствующих повышению энергоэффективности зданий за счет снижения потребления горячей воды.

Ключевые слова: энергоэффективность; энергетические ресурсы; энергопотребление; современные технологии.

WAYS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS AND FACILITIES

Guseva Alina Alexandrovna[1], Abasev Yuri Vasilievich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]aalina.gu@gmail.com, [2]abasev@inbox.ru

Abstract: *The article discusses ways to improve the energy efficiency of buildings and structures by reducing heat loss through enclosing structures and using better materials that contribute to improving the energy efficiency of buildings by reducing hot water consumption.*

Key words: *energy efficiency; energetic resources; Energy consumption; modern technologies.*

В настоящее время, перед экономикой любой страны стоит задача повышения энергоэффективности промышленных и жилых зданий и сооружений. Связано это с тем, что многие здания и сооружения, их инженерные коммуникации морально устаревают, что приводит к огромным потерям энергии. Потери энергоресурсов могут быть связаны с недостатками инженерных сетей, а также с нерациональным расходованием тепловой и электрической энергии [1, С. 34].

Проанализировав данные, можно сделать вывод, что больше половины потребляемой зданием энергии приходится на отопление, четверть – на горячее водоснабжение. Обуславливаются такие затраты энергии большими потерями тепла, т.к. пока горячая вода дойдет до конечного потребителя, ее температура снизится на несколько десятков

градусов, что приведет к резкому снижению ее эффективности [2, С. 52], [3].

На сегодняшний день выделяют следующие основные пути повышения энергоэффективности зданий и сооружений: применение облицовочных материалов для наружных стен, технического этажа, кровли, всех перекрытий позволит снизить потери тепла примерно на 30 – 40 %, применение теплозащитных шпаклевок позволит создать внутри здания эффект экранирования и снизить теплопотери на 20 %, снижение площади остекления помещений до нормативных значений, замена или установка окон с многокамерными стеклопакетами или переплетами с более высоким тепловым сопротивлением (4 – 5 %), Постройка дополнительных тамбуров при входных дверях подъездов и квартир (15 %), использование возобновляемых источников энергии [4 С. 80].

Поскольку большая часть потребления энергетических ресурсов приходится на систему отопления, то для максимального эффекта, необходимо также принять ряд мер по устранению потерь отопления зданий и сооружений. Следующие мероприятия позволят максимально повысить энергоэффективность: замена чугунных радиаторов на алюминиевые, установка регуляторов температуры на радиаторы, установка теплоотражающих экранов за радиаторами отопления, внедрение автоматизированных систем, периодическая промывка всей отопительной системы и ее диагностика, включая радиаторы и трубы, расположенные в квартирах, использование и замена старых труб на высококачественные пластиковые, переход от центрального отопления к поквартирному. Также необходимо повысить эффективность потребления горячей воды за счет максимально рационального ее использования. Достичь этого можно с помощью: установки общедомовых и квартирных счетчиков учета расхода горячей и холодной воды, установки стабилизаторов давления воды, теплоизоляции трубопроводов горячего водоснабжения, оптимизация гидравлических режимов теплосетей, периодической диагностики системы горячего и холодного водоснабжения [5 С. 127].

Система вентиляции в зимний период потребляет приблизительно 20-25 % от всей тепловой мощности, которая расходуется зданием. Чтобы снизить процент потребления и увеличить энергоэффективость необходимо, использовать систему рекуперации тепла для приточного воздуха, установить стабилизаторы давления воздуха, применение смешанных (гибридных) систем с механическим побуждением движения воздуха и естественным притоком через стеновые или оконные клапаны,

применение систем с механическим притоком и удалением воздуха, проведение периодического осмотра системы вентиляции.

Подводя итог, стоит отметить, что повышение энергоэффективности должно быть комплексным, поскольку частичное перевооружение зданий большой эффективностью обладать не будет.

Источники

1. Аверьянов В.К. Первые результаты эксплуатации и предложения по совершенствованию систем. Москва: Теплоэнергоэффективные технологии, 2017. 312 с.

2. Фадеева Г.Д. Повышение энергоэффективности жилого фонда за счет малозатратных технологий. / Москва: АльфаПресс, 2017. 52 с.

3. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261 – ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

4. Потапенко А.Н., Потапенко Е.А. Возможности повышения эффективности процесса отопления зданий в автоматизированных ИТП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2005. № 5-6. С. 79-88.

5. Филимонов А.Г. Особенности перехода Казани на АИТП при реализации комплексной программы повышения эффективности системы теплоснабжения // Вестник КГЭУ. 2019. №2 (42). С. 127–137.

УДК 621.565.93

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОТ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ

Зинуров Вадим Эдуардович[1], Галимова Алсу Рузилевна[1]
[1]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]vadd_93@mail.ru, [2]galimovaar00@mail.ru

Аннотация: В статье предложена конструкция рекуперативного теплообменного аппарата с ребристой поверхностью. Новизной работы является разработка и исследование новой конструкции, отличной от других теплообменных аппаратов, отличающейся максимально развить теплообменную поверхность в единице объема и существенно повысить показатели компактности и удельной металлоемкости. Результаты исследований позволили установить, что оребренная поверхность рекуперативного теплообменного аппарата позволила интенсифицировать отвод теплового потока, вследствие возникновения турбулентных завихрений парогазовой среды при ее движении между поперечно расположенными ребрами.

Ключевые слова: теплообмен, парогазовая смесь, теплообменный аппарат, передача тепловой энергии, рекуперативный теплообменник.

DEVELOPMENT OF A NEW TECHNOLOGY OF A REGENERATIVE HEAT EXCHANGER FOR THE PROCESS OF TRANSFERRING HEAT ENERGY FROM A STEAM-GAS MIXTURE

Zinurov Vadim Eduardovich[1], Galimova Alsu Ruzilevna[1]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]vadd_93@mail.ru, [2]galimovaar00@mail.ru

Abstract: *The article proposes the design of a regenerative heat exchanger with a ribbed surface. The novelty of the work is the development and research of a new design, different from other heat exchangers, characterized by the maximum development of the heat exchange surface per unit volume and significantly increase the compactness and specific metal consumption. The results of the research allowed us to establish that the finned surface of the regenerative heat exchanger allowed to intensify the removal of heat flow, due to the occurrence of turbulent vortices of the vapor-gas medium during its movement between transversely arranged ribs.*

Key words: *heat exchange, steam-gas mixture, heat exchanger, heat transfer, regenerative heat exchanger.*

На сегодняшний день большинство промышленных объектов сталкиваются с актуальной задачей – осуществление эффективной передачи тепловой энергии от парогазовых выбросов. Зачастую

парогазовые выбросы представляют собой безвредную смесь газов, имеющую температуру выше 200 ºС, которая выбрасывается в окружающую среду [1–2]. Передача тепловой энергии от них осуществляется путем применения рекуперативных теплообменных аппаратов, представляющих собой устройства поверхностного типа, в которых теплообмен происходит непрерывно между теплоносителями через разделяющую их стенку [3–5].

Для передачи тепловой энергии от парогазовой смеси авторами работы была разработана конструкция рекуперативного теплообменного аппарата с ребристой поверхностью. Теплообменник представляет собой U – образную трубу с ребрами, прямоугольную пластину для его крепления к воздуховоду и соединительную гофру. Особенность оребренного рекуперативного теплообменника, интегрированного в воздуховод, заключается в том, что при движении парогазовой смеси между поперечно расположенными ребрами возникают турбулентные завихрения среды, которые интенсифицируют процесс передачи тепловой энергии от парогазовой смеси к стенке теплообменника. По мере движения холодного теплоносителя во внутренней части U – образной трубы происходит его нагрев от внутренней стенки.

В ходе проведения промышленного эксперименты было установлено, что время выхода на стационарный режим составляет 265 с. Максимальный перепад температуры холодного теплоносителя в среднем составлял 70,7 ºС при его объемном расходе в диапазоне от 60 до 120 л/час. Результаты исследований позволили установить, что коэффициент теплопередачи обратно пропорционален термическому сопротивлению парогазовой фазы. Значение теплового потока и коэффициента теплопередачи в среднем при объемном расходе холодного теплоносителя от 60 до 120 л/час на стационарном режиме составило 4,3 кВт и 26 Вт/(м^2·К) соответственно.

Источники

1. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Гумерова Г.Х. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа //Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. №. 2. 99-103 с.

2. Зинуров В.Э., Галимова А.Р., Бадретдинова Г.Р., Санников И.В. Исследование теплообмена от парогазовой смеси при передаче тепла через ребристую поверхность // Международная научно-техническая конференция «Состояние и перспективы развития электро- и

теплотехнологии» (XXI Бенардосовские чтения), посвященной 140-летию изобретения электросварки Н.Н. Бенардосом (г. Иваново, 2-4 июня), 2021. С. 241 – 243.

3. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Шарипов И.И., Галимова А.Р. Экспериментальное исследование теплообмена от парогазовой смеси при передаче тепла через ребристую поверхность // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2021. Том 7. № 2 (26). С. 60-74. DOI: 10.21684/2411-7978-2021-7-2-60-74

4. Дмитриева О.С., Лорай С.Ф., Зинуров В.Э., Зверева Э.Р., Шагеев М.Ф. Определение оптимальных зон ввода твердых присадок в воздуховод котла // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 9 – 10. С. 106-111.

5. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Ву Линь Нгуен Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 1. С. 3-9.

УДК 681.513

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА КГЭУ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

Игнатьев Кирилл Андреевич[1], Зиганшин Малик Гарифович
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*eretekosyk@mail.ru*

Аннотация: Рассматриваются вопросы обеспечения энергоэффективности совместного воздушного и водяного отопления общественного здания в условиях умеренно континентального климата России (на примере учебного корпуса энергетического университета г. Казани). Предложено численное моделирование для нахождения энергоэффективного функционирования системы обогрева корпуса.

Ключевые слова: энергоэффективность, численное моделирование, комбинированная система отопления, воздушное отопление, водяное отопление.

STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE COMBINED HEATING SYSTEM OF THE EDUCATIONAL BUILDING OF THE KSPEU USING NUMERICAL MODELING OF AIR FLOWS

Ignatiev Kirill Andreevich[1], Ziganshin Malik Garifovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*eretekosyk@mail.ru*

Annotation: *The article considers the issues of ensuring the energy efficiency of joint air and water heating of a public building in the temperate continental climate of Russia (on the example of the educational building of the Kazan Energy University). Numerical modeling is proposed to find the energy efficient functioning of the housing heating system.*

Keywords: *energy efficiency, numerical modeling, combined heating system, air heating, water heating.*

При проектировании общественных и жилых зданий всё чаще для обогрева используются схемы комбинированного воздушного и водяного отопления. Можно ожидать максимально эффективного регулирования комбинированных системы отопления в здании, если принимаются во внимание все особенности технологии как по назначению помещения, так и по способам регулирования.

В опытных исследованиях проводились замеры температуры поверхностей окон, стен и элементов системы отопления, а также

температура и влажность воздуха в аудиториях и коридорах — учебного (УК) и лабораторного (ЛК) корпусов Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Отопительные приборы системы обогрева КГЭУ имеют в помещениях арматуру ручного регулирования или радиаторные клапаны с термостатирующими головками, но без комнатных контроллеров, что не соответствует энергоэффективным классам регулирования. Проведены опытные обследования функционирования системы обогрева корпусов КГЭУ в отопительные периоды 2019 – 2020 гг. и 2020 – 2021 гг. Установлено соответствие с санитарно-гигиеническим требованиям параметров отопительных приборов и воздуха помещений различного назначения. При этом выявлена необходимость перехода на более высокий класс регулирования, так как при существующей ситуации параметры внутреннего воздуха зависят от наружной температуры: в аномально теплую зиму 2020 г. температура воздуха в помещениях находилась на границе максимально допустимого значения, а в нормальную по климатологии зиму 2021 г. – на границе минимально допустимого [1, С.124].

Для повышения класса эффективности УК КГЭУ необходимо оптимизировать работу системы отопления, а для этого нужно найти минимум всех эксплуатационных затрат на комбинированный способа обогрева в течение отопительного сезона. Одним из способов для определения эксплуатационных затрат является численный эксперимент с использованием программных продуктов, как *ANSYS Fluent*, *CFX* и др.

Как известно, в основе численного моделирования турбулентных течений воздуха в помещениях с источников теплоты лежит численное решение системы основных дифференциальных уравнений неразрывности, сохранения импульса в форме Навье-Стокса [2, С. 66-68].

Основной проблемой при решении уравнений Навье-Стокса является моделирование турбулентности. В настоящий момент появляется большое количество разнообразных моделей для расчета турбулентных течений. Они отличаются друг от друга сложностью решения и точностью описания течения, что ведёт за собой проведение новых исследований, направленных на определение границ их применения [3]. Модели классифицируются согласно числу дополнительных дифференциальных уравнений в частных производных (порядок замыкания), которые необходимо решить для получения параметров модели. Выбор осуществлялся среди двухпараметрических моделей таких как $k-\varepsilon$ модели: Лаундера-Шармы, $k-\omega$ модели: Уилкокса и Ментера, и Shear Stress Transport (SST) модели: Ментера [4, 5, С.7]. Для численных

экспериментов в данной работе принята модель $k-\varepsilon$ как менее ресурсозатратная.

Проведены опытные замеры параметров воздуха и приборов отопления, для обнаружения температурных перекосов по каждому помещению. Полученные результаты показали, что в помещениях заметных температурных и влажностных неравномерностей не наблюдается.

Также произведен выбор численной модели на базе программного комплекса *ANSYS* для выполнения численных экспериментов по определению параметров воздушной среды в помещениях УК КГЭУ.

Источники

1. Игнатьев К.А., Гиниятуллин Э.Р., Зиганшин М.Г. Исследование энергоэффективности комбинированной системы воздушного и водяного отопления общественного здания. Надежность и безопасность энергетики. 2021; 14(2): 124-131.

2. Уляшева В. М., Канев М. А. Численное моделирование воздушных потоков в кондиционируемом помещении. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 9-10(669-670). С. 65-70.

3. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Шур М.Л. Моделирование турбулентности в расчётах сложных течений. СПб.: Изд-во СПбПУ, 2012. 88 с. URL: https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/doc/2012_garbaruk-strelec-shur_modelirovanie-turbulentnosti-v-raschetah-slozhnyh-techenij.pdf

4. Васильев В. Ф., Уляшева В. М., Канев М. А., Рябев Г. А. О применении моделей турбулентности при численном моделировании процессов тепло-, воздухо- и массообмена. 2016. № 10.

5. Дацюк Т.А., Сауц А.В., Юрманов Б.Н., Таурит В.Р. Моделирование процессов вентиляции. Современные проблемы науки и образования. 2012. №5.; URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=6744.

УДК 621.039

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Измайлова Алина Ринатовна[1], Чичирова Наталия Дмитриевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
zmailik10@yandex.ru[1], ndchichirova@mail.ru[2]

Аннотация: В работе рассмотрен анализ перспектив развития водородных технологий, а также приведены различные оценки энергетических агентств.

Ключевые слова: водород, АЭС, атомная энергия, электроэнергия, теплоноситель, энергетика.

STRATEGIC GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN TECHNOLOGIES

Izmailova Alina Rinatovna[1], Chichirova Natalia Dmitrievna[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]zmailik10@yandex.ru, [2]ndchichirova@mail.ru

Abstract: *The paper considers the analysis of the prospects for the development of hydrogen technologies, and also provides various assessments of energy agencies.*

Keywords: *hydrogen, nuclear power plant, atomic energy, electric power, coolant, energy.*

Водородная индустрия подверглась крайне серьезному влиянию кризиса 2020 года по сравнению с другими секторами энергетики – именно такую оценку дало МЭА ситуации последних месяцев, указывая на существенные потери в нефтепереработке, химической отрасли и металлургии, которые формируют основную часть современного спроса на водород (рис).

Стратегические перспективы водорода для развитых стран в значительной мере связаны именно с низкоуглеродной водородной энергетикой, позволяющей сократить выбросы парниковых газов. Такая энергетика предполагает использование водорода, имеющего низкий углеродный след, в качестве энергоносителя. В настоящее время наиболее эффективно производить такой водород возможно либо из природного газа или угля с использованием технологий улавливания и хранения углерода, либо путем электролиза, используя электроэнергию с низким углеродным следом [2].



Низкоуглеродное производство водорода в мире (факт и прогноз) [1]

По оценке *IRENA* [3] (2019 год), стоимость 1 кг водорода на базе ветровой энергии составляет в среднем около 4 долл., солнечной – почти 7 долл., тогда как производство из угля или газа обходится в 1,5–2,5 долл. (даже с учетом *CCS*), и с развитием технологий эта разница исчезнет далеко после 2030 года, хотя в отдельных случаях сопоставимость издержек может быть достигнута и сейчас.

Применение атомной энергетики в производстве водорода способно повысить его эффективность с учетом возможностей обеспечения дешевой энергией. Возможны два варианта использования атомной энергии для производства водорода.

Первый вариант представляет собой производство водорода электролизом с использованием электроэнергии, вырабатываемой АЭС, в том числе за счет задействования недоиспользуемой мощности с учетом диспетчерских ограничений в периоды снижения спроса на электроэнергию. Второй вариант для производства водорода предполагает использование технологического тепла, вырабатываемого перспективным высокотемпературным газоохлаждаемым реактором (ВТГР). Конструкция топлива и конструкционные материалы реакторной установки (РУ) в совокупности с принятыми конструктивными решениями гарантированно исключают плавление активной зоны, что обеспечивает безопасное размещение энергоустановок вблизи промышленных объектов. Данная особенность наряду с высокой температурой теплоносителя на выходе позволяет использовать ВТГР в качестве источника высокопотенциального тепла для производства водорода [4].

Согласно предварительным оценкам ГК «Росатом» [5], схема производства водорода методом паровой конверсии метана с использованием высокопотенциального тепла перспективной РУ ВТГР-200

позволяет производить водород со средневзвешенной стоимостью, оцененной на момент начала проекта при величине ставки дисконтирования 7 %, в диапазоне 1,85-2,35 долл./кг без учета его хранения и доставки, в зависимости от цены потребляемого природного газа от 4260 руб./тыс. куб. м до 9000 руб./тыс. куб. м.

Источники

1. Международное энергетическое агентство. – Режим доступа: https://www.iea.org/
2. Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию / Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО 2019. С.20.
3. IRENA – Международное агентство по возобновляемым источникам энергии. – Режим доступа: https://www.iaea.org/
4. Водородная энергетика / Аналитический центр при правительстве РФ. Наука и Инновации Росатом // Энергетический бюллетень. 2020. №89. С.19.
5. Госкорпорация «Росатом» – Режим доступа: https://www.rosatom.ru/

УДК 621.31:69

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

Карпов Денис Федорович[1], Павлов Михаил Васильевич[2],
Гудков Александр Геннадьевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»,
г. Вологда, Россия
[1]*karpov_denis_85@mail.ru*

Аннотация: Рассмотрены общие принципы энергосбережения в строительных объектах. Представлена специфика энергосберегающих технологий и повышения энергетической эффективности в объектах капитального и завершенного строительства, инженерно-технических системах жизнеобеспечения. Перечислены факторы, влияющие на энергоэффективные здания при их проектировании и строительстве. Предложены характерные особенности, возможности и примеры реализации энергетического аудита (энергетического обследования) и теплового контроля (теплового неразрушающего контроля) при решении вопросов энергосбережения. Приведен зарубежный опыт применения энергосберегающих технологий в строительстве.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, объект капитального строительства, объект завершенного строительства, инженерная система жизнеобеспечения, энергоэффективное здание, энергетический аудит, энергетическое обследование, тепловой контроль.

BRIEF ANALYSIS OF PECULIARITIES OF ENERGY SAVING IN MODERN BUILDING FACILITIES

Karpov Denis Fedorovich[1], Pavlov Mikhail Vasilievich[2],
Gudkov Alexander Gennadievich[3]
[1,2,3]FSBEI HE «Vologda State University», Vologda, Russia
[1]karpov_denis_85@mail.ru

Abstract: *The general principles of energy saving in construction projects are considered. The specifics of energy-saving technologies and energy efficiency increase in capital and completed construction objects, engineering and technical life support systems are presented. The factors influencing energy efficient buildings during their design and construction are listed. The characteristic features, possibilities and examples of the implementation of energy audit (energy inspection) and thermal control (thermal non-destructive testing) when solving energy saving issues are proposed. The foreign experience of using energy-saving technologies in construction is presented.*

Key words: *energy saving, energy efficiency, capital construction object, completed construction object, engineering life support system, energy efficient building, energy audit, energy inspection, thermal control.*

Общие принципы энергосбережения в строительных объектах различного назначения в целом не отличаются от правил энергосбережения для других потребителей энергоресурсов [1]. Они включают в себя: организацию учета и контроля за использованием энергоресурсов; обоснованность норм потребления энергоресурсов, не снижающих санитарно-гигиенических требований к микроклимату помещений зданий; уменьшение потерь энергии и энергоносителя до минимального допустимого условиями эксплуатации уровня; использование энергии вторичных энергоресурсов; частичное замещение потребления произведенных энергоресурсов потреблением энергоресурсов природных источников [2–7].

Причем, наука, техника и технологии достигли в настоящее время такого уровня развития, что реализация политики энергосбережения и повышения энергетической эффективности возможна в различных климатических условиях, в том числе, сложных и даже экстремальных [6].

Мероприятия по энергосбережению в инженерных системах жизнеобеспечения (системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) строительных объектов условно можно разделить на четыре группы:

1. Учитывающие и контролирующие использование энергетических ресурсов. Реализуются с помощью приборов учета тепловой энергии и расхода теплоносителя. Данное мероприятие дает возможность выявить фактическое потребление тепловой энергии зданиями, которое может отличаться от проектного. Данное мероприятие является организационным.

2. Объемно-планировочные и строительно-конструктивные. Данные мероприятия предусматриваются на стадии проектирования зданий и связаны с уменьшением теплопотерь и теплопоступлений.

3. Технические и технологические. Данные мероприятия предусматривают совершенствование систем и их элементов, например, уменьшение теплопотерь за счет теплоизоляции трубопроводов и воздуховодов.

4. Использующие вторичные энергетические ресурсы и утилизирующие природные теплоту и холод. Данные мероприятия предусматривают, например, пассивное и активное использование солнечной энергии, энергию Земли. Воды, ветра; применение тепловых насосов.

Важно помнить, что энергосбережение в строительстве требует не малых затрат, примерно, 5-10 % от стоимости объекта строительства [8–11]. Однако, внедрение энергосберегающих технологий на этапе застройки позволит не только повысить уровень комфорта в помещениях, но и поможет в дальнейшем экономить энергоресурсы и снизить затраты на их использование. Одна из основных задач энергосбережения – минимизация расходов на приобретение топливно-энергетических ресурсов, обеспечи-

вающая, в свою очередь, увеличение прибыли. Кроме того, бонус от внедрения энергосберегающих технологий – снижение нагрузки на окружающую среду. Исключительно важно повышать энергоэффективность на этапе строительства новых зданий различного назначения.

В последнее время при строительстве зданий начали активно применяться такие энергосберегающие мероприятия, как использование тепла солнечной радиации, усиление тепловой защиты и герметичности ограждающих конструкций, монтаж вакуумных стеклопакетов и некоторые другие (рис. 1). Причем теплоизоляция – ключевой аспект вопроса энергосбережения в строительстве [1, 3, 5, 7].



Рис. 1. Примеры энергосберегающих мероприятий в строительстве: солнечные электростанции на крыше здания (слева) и теплоизоляция наружной ограждающей конструкции (справа)

При проектировании и строительстве энергоэффективных зданий необходимо комплексно учитывать следующие факторы [1, 2]:

1. Применение инновационных технологических решений (рис. 2), способствующих улучшению микроклимата помещений и защите окружающей среды.

2. Активное и эффективное использование энергетических ресурсов, необходимых для энергетического снабжения строительного объекта.

3. Учет климатических особенностей и энергетического потенциала строительного объекта.

4. Применение системного подхода к анализу здания, являющегося единой энергетической системой.

5. Учет оптимальных архитектурно-планировочных и энергетических параметров строительного объекта, как единой энергосистемы, его отдельных элементов и взаимосвязи между ними.

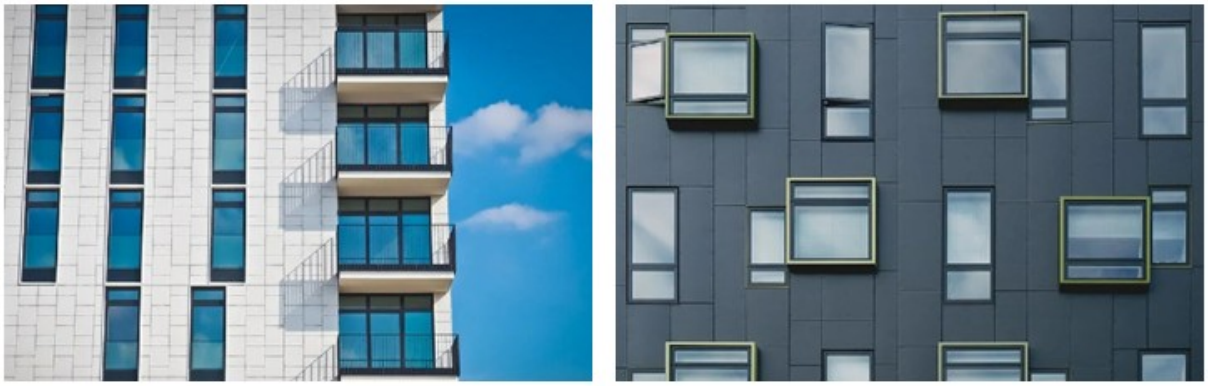


Рис. 2. Примеры вентилируемых фасадов систем зданий с энергоэффективными окнами

Также при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий важно понимать, что применение вышеизложенных принципов возможно в случае, если они экономически обоснованы, их можно реализовать с технической точки зрения, отвечают современным экологическим требованиям и социальным нормам жизни людей [9, 11].

Энергоаудит или энергообследование предприятий и организаций предполагает оценку всех аспектов деятельности предприятия, связанных с затратами на топливо, различные виды энергии, воду, энергоносители [3].

Целями и задачами энергоаудита являются [1, 3, 5]:

1. Выявление источников нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь энергии (рис. 3).

2. Определение показателей энергетической эффективности.

3. Определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

4. Разработка целевой, комплексной программы энергосбережения.

Выделяют 6 видов энергоаудита:

1. Пред эксплуатационное энергетическое обследование.

2. Первичное энергетическое обследование.

3. Очередное энергетическое обследование.

4. Внеочередное энергетическое обследование.

5. Локальное энергетическое обследование.

6. Экспресс-обследование.

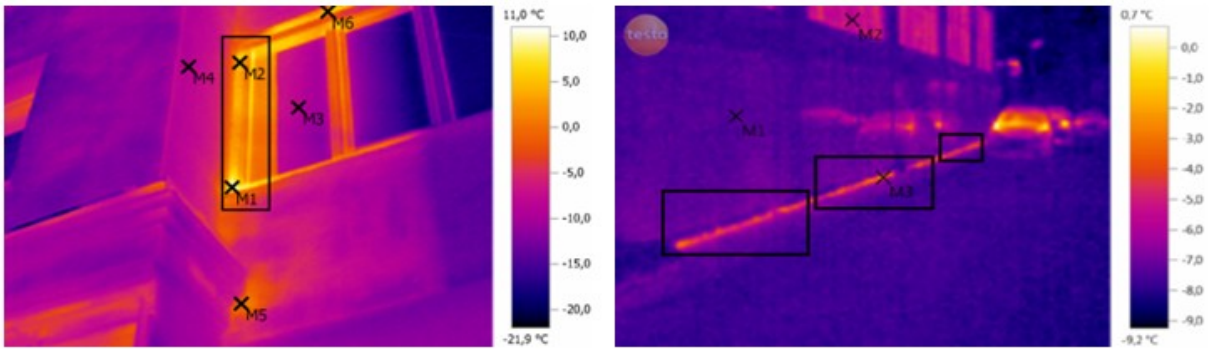


Рис. 3. Пример локального выявления тепловых потерь при энергетическом (тепловизионном) обследовании многоквартирного жилого дома в городе Вологде

По результатам проведения первых 4-х видов энергоаудита организациям выдается (и/или корректируется) энергетический паспорт.

Локальное энергетическое обследование – ограниченный по объему энергоаудит по отдельным показателям энергоэффективности, видам топливно-энергетических ресурсов, группам и типам оборудования. Позволяет составить отчет и при необходимости вносятся изменения в энергетический паспорт и топливно-энергетический баланс энергообъекта.

Экспресс-обследование – энергетические обследования, проводимые по специальным методикам в условиях ограничения времени. Позволяет составить энергетический паспорт промышленного предприятия, либо он может быть составлен на отдельные структурные подразделения.

Энергоаудит, как правило, проводится с применением приборно-измерительного оборудования, к которому предъявляются такие основные требования, как: автономность, портативность, наличие действующего свидетельства о калибровке и свидетельства о поверке. Ограничений по цене приборов для энергоаудита не существует.

Тепловой неразрушающий контроль является одним из наиболее прогрессивных направлений оценки качества функционирования объектов строительства, энергетики, инженерных коммуникаций и сооружений, жилищно-коммунального сектора страны и др. [1, 3, 5, 7, 10, 12, 13]. Данный вид диагностики обеспечивает возможность безопасного мониторинга теплового состояния объектов контроля без вывода их из эксплуатации, выявления дефектов на ранней стадии их развития, сокращение затрат на техническое обследование и т. д. Тепловой контроль основан на дистанционной регистрации температур и тепловых потоков (рис. 4).

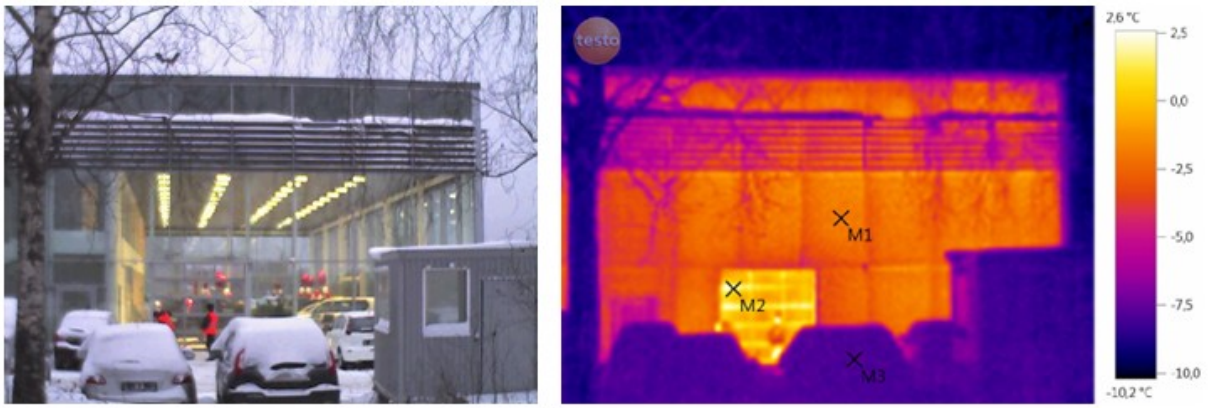


Рис. 4. Пример визуального цифрового (слева) и теплового (справа) контроля наружных ограждающих конструкций торгово-сервисного центра в городе Вологде

Предъявляемые к современным строительным объектам теплотехнические требования для обеспечения их энергоэффективности направлены на поиск технических решений, позволяющих повысить уровень теплозащиты зданий и уменьшить расходы на их отопление, горячее водоснабжение и освещение [2, 8].

Однако независимо от того, насколько современна та или иная выбранная конструкция, насколько принятое техническое решение соответствует необходимой теплозащите здания, строительный объект не будет энергоэффективным в случае, если качество строительных работ не будет соответствовать высоким монтажным требованиям.

Обеспечение высокого качества строительства влечет за собой проведение ряда дополнительных работ. Главная цель этих работ заключается в проведении проверки реального состояния всех элементов и конструкций возводимого здания [5, 9, 11].

В последние годы эксперты, занимающиеся проблемами энергосбережения и повышения энергоэффективности в США, пришли к выводу, что главным источником потерь энергии является нерациональное энергопотребление зданий. Так как количество технологий возведения зданий ограничено, то имеет смысл унифицировать методы, применяемые при повышении энергосбережения зданий. Сегодня в США в этом направлении реализуются законодательные меры, система стандартизации и система мониторинга достигнутых результатов.

К 2030 году в США объявлена цель сокращения выбросов парниковых газов на 50 %. Важнейшим направлением этой деятельности является повышение уровня энергоэффективности зданий. Достижение данной цели планируется в основном за счет принятия стандартов «Оценка Энергопотребления Коммерческих зданий» и «Оценка Энергопотребления Жилых

зданий 2003» (2003 Commercial Building Energy Consumption Survey (CBECS), the Residential Energy Consumption Survey (RECS)). Однако новый стандарт до сих пор не разработан.

Так свод рекомендаций «Вызов 2030» был разработан как промежуточная система рекомендаций в строительной области, основанная на дополнительном усилении требований эквивалентных нормативных указаний существующих сводов норм и правил, рейтинговых систем и стандартов.

Стандарт энергоэффективности зданий ASHRAE Energy Standard 90.1-2007 на протяжении 35 лет служит основой энергетических нормативов для коммерческих зданий не только в США, но и по всему миру.

В стандарте представлены минимальные требования к эффективности использования энергии для большинства типов зданий, кроме малоэтажных жилых домов. Данный документ является руководством для инженерно-технических работников и проектировщиков зданий, сооружений, инженерных систем жизнеобеспечения.

Источники

1. Карпов Д.Ф., Павлов М. В. Оценка теплозащитных свойств ограждающих конструкций строительных объектов по анализу термограмм. Вестник ДГТУ. Технические науки. 2021. Т. 48. № 2. С. 92-102.

2. Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Гудков А.Г. и др. Теплообмен. Теория и практика: учеб. наглядное пособие. Вологда. ВоГУ. 2021. 84 с.

3. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г., Писаренко К.В. Особенности технологии проведения тепловизионного контроля объектов капитального и завершенного строительства, систем и подсистем жизнеобеспечения // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Национальной науч.-практ. конф. (Казань, 10-11 декабря 2020 г.): в 2 т. / редкол.: Э. Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. Т. 2. С. 118-123.

4. Pavlov M., Karpov D., Akhmetova I. and Monarkin N. Assessment of energy efficiency of application heat-insulating paint for the needs of district heat supply systems. HSTED-2020. E3S Web of Conferences 178, 01004 (2020). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801004.

5. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Синицын А.А. Комплексная энергосберегающая диагностика технического состояния ограждающих конструкций объектов капитального строительства и инженерных систем на основе теп-

лового контроля // Научно-технический журнал «Энергосбережение и водоподготовка». 2020. № 2 (124). С. 29-33.

6. Modified Lime Binders for Restoration Work / V. Loganina, K. Sergeeva, R. Fediuk [et al.] // Buildings. 2021. Vol. 11. №3. P. 98. DOI 10.3390/buildings11030098.

7. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Синицын А.А., Монаркин Н.Н., Гудков А.Г. Некоторые особенности и результаты теплового контроля навесных вентилируемых фасадных систем объектов капитального строительства. Вестник ДГТУ. Технические науки. 2020. Т. 47. № 1. С. 147-155.

8. Гудков А.Г., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Вопросы моделирования инженерных сетей водоснабжения и водоотведения: монография. Москва. РУСАЙНС. 2020. 254 с.

9. Соловьева А.А., Соловьев С.А. Исследование развития моделей случайных величин в расчетах надежности строительных конструкций при неполной статистической информации // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 5. С. 587-607. DOI 10.22227/1997-0935.2021.5.587-607.

10. I. Garrido, R. Otero, P. Arias, S. Lagüela Thermographic methodologies used in infrastructure inspection: A review-Post-processing procedures // Applied Energy. 2020. Vol. 266. P. 114857. DOI 10.1016/j.apenergy.2020.114857.

11. Соловьева А.А., Соловьев С.А. Метод оценки надежности элементов плоских ферм на основе р-блоков // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 2. С. 153-167. DOI 10.22227/1997-0935.2021.2.153-167.

12. Building envelope modeling calibration using aerial thermography / N. Bayomi, S. Nagpal, T. Rakha, J. E. Fernandez // Energy and Buildings. 2021. Vol. 233. P. 110648. DOI 10.1016/j.enbuild.2020.110648.

13. Analysis of the applicability of non-destructive techniques to determine in situ thermal transmittance in passive house façades / B. Tejedor, K. Gaspar, M. Casals, M. Gangolells // Applied Sciences (Switzerland). 2020. Vol. 10. №23. P. 1-20. DOI 10.3390/app10238337.

УДК 628.162.5

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАЗУТА С ПОМОЩЬЮ ПРИСАДОК

Киселёв Илья Игоревич[1], Грибков Александр Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ikiselev59@mail.ru

Аннотация: В данной статье предложено решение для уменьшения выбросов оксидов серы для котлов, сжигающих мазут, и не имеющих золоуловителей.
Ключевые слова: тепловая электростанция, мазут, присадка, окислы серы.

IMPROVING THE QUALITY OF FUEL OIL WITH ADDITIVES

Kiselev Ilya Igorevich[1], Gribkov Alexander Mikhailovich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ikiselev59@mail.ru

Abstract: *This article proposes a solution to reduce emissions of sulfur oxides for boilers that burn fuel oil and do not have ash collectors.*
Keywords*: thermal power plant, fuel oil, additive, sulfur oxides.*

В последние годы появилась тенденция повышения глубины переработки нефти, вместе с ним ухудшаются качества топочного мазута. Качество мазута сказывается на его хранении, транспортировке и сжигании, возникают проблемы у основного и вспомогательного оборудования при его использовании. Для улучшения потребительских свойств применяются присадки. Присадки классифицируются следующим образом.

Присадки, которые улучшают процесс горения называют катализаторами горения. Они способствуют более равномерному распределению легко и трудносгораемых частей в капле мазута, что приводит к снижению неполноты сгорания топлива. В России для предотвращения механического недожога в 60-е годы была изобретена присадка ВНИИНП-101. Сейчас же авторами [1] предложено в качестве присадки использовать суспензию из наноструктурированного гидроксида магния, смеси дизельного топливо с минеральным, маслом. Опыт проводился на котлах г. Кандалакша. Входе опыта было установлено, работа котлов на мазуте с присадкой способствовало более полному сгоранию топлива.

Под ингибиторами коррозии понимаются такие присадки, которые способствуют защите поверхностей нагрева энергетических котлов. Кроме того, могут использовать присадки, которые имеют пассивирующий эффект на металл, то есть они создают защитную пленку на металле тем самым защищая его. Например, в качестве такой присадки может выступать терамин, он как раз обладает полярными молекулами, которые абсорбируются на металле [2]. Обычно антикоррозионная присадка состоит из металлосодержащей добавки. Она уменьшает высокотемпературную коррозию, а также уменьшает зольный остаток, который может откладываться на поверхностях нагрева и в регенеративном воздухоподогревателе. Также способствует разрыхлению таких отложений, что способствует легкому удалению его. Стоит отметить, что по давлению в пароперегревателе и температуре поверхностей нагрева, можно определить образовались ли отложения, которые необходимо удалить [3].

Ввод модификаторов коллоидно-химических свойств в качестве присадки в мазуты, преследует только одну цель – уменьшение донных отложений при длительном хранении в резервуарах. Она имеет поверхностно-активные и растворяющие свойства. Нерастворимые продукты, содержащие в мазуте, могут падать в осадок, а такая присадка удерживает их, чтобы они не осаждались в резервуарах. ВНИИП-102, ВНИИП-106, ВНИИП-106М получили промышленное применение в России [5].

Улучшение реологических свойств мазутов, например, уменьшение температуры застывания или снижение вязкости, относят к типу присадок модификаторам структуры потока. Сюда относят и депрессорные присадки, которые направлены на снижение температуры застывания. Отечественными аналогами такой присадки являются ВЭС-408, ВЭС-503М, ВЭС-241М они представляют собой растворы сополимеров. Снижая температуру застывания мазута, можно уменьшить траты тепла на подогрев мазута в резервуарах, а также на перекачку его по трубопроводам [5]. Можно использовать присадку, состоящую на основе деэмульгатора дипроксамина-157 и проксамина-385. Исследования проводились при различных концентрациях присадки (0,1 - 5 % мас.) в широком диапазоне температур (55 – 90 °С). По результату было получено, что такая присадка снижается вязкость и температура застывания мазута [6].

На тепловых электрических станциях при сжигании мазута образуются окислы серы, которые пагубно воздействуют на биосферу. В настоящее время мазут в РФ сжигается относительно в небольших

количествах. Всего на трех станциях мазут является основным видом топлива, но на многих станциях мазут является резервным или растопочным топливом.

В качестве присадки к высокосернистому мазуту для уменьшения выбросов оксидов серы предлагается использовать карбонатный шлам с водоподготовки [8]. Опыты проводились на Казанской ТЭЦ-1, в которых отмечено существенное (более 30 %) уменьшение концентрации SO_x в продуктах сгорания.

На многих отечественных станциях мазут является резервным топливом. На газомазутных котлах отсутствуют золоуловители, что является препятствием для ввода твердых присадок в топку котла. Однако, учитывая тот факт, что оксиды серы и твердые частицы не обладают свойством суммации вредного воздействия, можно рассчитать допустимый выброс твердых частиц при отсутствии золоуловителя [7].

Рассмотрим это предложение на примере. Пусть на дымовую трубу высотой 190 м с диаметром устья 6 м подключен котел ТГМП-344, паропроизводительностью $D = 1050$ т/ч сжигающий $B = 75$ т/ч мазута сернистостью $S^{\text{р}} = 2{,}55$ %. Принимая температуру уходящих газов $t_{\text{ух}} = 130$ °С и коэффициент избытка воздуха в дымовой трубе $\alpha = 1{,}1$, и учитывая, что $V_{\text{г}}^0 = 11{,}22$ нм^3/кг, а теоретически необходимый объем воздуха для сгорания одного килограмма мазута $V_{\text{в}}^0 = 10{,}44$ нм^3/кг, найдем расход дымовых газов от одного котла в устье дымовой трубы $V_1 = 479$ м^3/с. При такой сернистости мазута котел выбрасывает $\text{M}_{SO_2} = 1118$ г/с сернистого ангидрида. Далее находится выброс твердых веществ M по методике [7] и получаем $M = 1716$ г/с, при этом не будет превышения ПДК по твердым частицам и без электрофильтров.

Эффективным способом ввода твердой щелочной присадки является ввод в составе водомазутной эмульсии [7]. В качестве щелочной присадки может выступить известь пушонка, а готовить водомазутную эмульсию можно с помощью недорогого кавитатора. Ожидается, что размеры и масса частиц будут иметь примерно такие же размеры, как и частицы мазутной золы, а это означает что они не будет оседать в топке и газоходах [7].

Реакция извести с оксидами серы может быть записана в виде:

$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}. \qquad (1)$$

Полуводный гипс в топке переходит в безводный гипс $CaSO_4$. На основании реакции видим, что при расходе $CaSO_4 = 1716$ г/с может быть поглощаться 738 г/с SO_2, что составляет $738/1118 = 0{,}66$

или 66 % от всех образовавшихся оксидов серы. Это является еще не полным решением для соблюдения норматива по выбросу оксидов серы, для этого примера необходимо 78%, но уже приближенно к нему.

Такой способ весьма востребован для газомазутных котлов ТЭЦ при краткосрочных режимах сжигания мазута, когда нет необходимости сооружать дорогостоящую сероочистку.

Источники

1. Акатнов А.П., Лосев В.П., Циркунов О.Ю, Шкарпет В.Э. Патент на изобретение RU 2634730 C, 03.11.2017. Заявка № 2015138365 от 08.09.2015 Рос. Федерация, положительное решение от 11.03.2017.
2. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремизов А.Н. Повышение экологической безопасности ТЭС. М.: Издательство МЭИ. 2002. 301 с.
3. Морозов И.П., Белосельский Б.С., Смирнов В.М., Тумановский В.А., Замегргад В.Э. Применение присадок при сжигании мазутов на электростанциях и промышленных котельных // Энерго-пресс. №18/232.
4. Herbstmann Sh. // Chemtech.1990.V.20 №4. P 212-217.
5. Зверева Э.Р Присадки к топочным мазутам. // Проблемы энергетики. Известие ВУЗов 2011. №1–2. С.7–17.
6. Мутугуллина И.А., Зверева Э.Р., Зиннатуллина Р.В., Фатхиева З.Ф. Изучения влияния присадок на эксплуатационные свойства топочных мазутов. //Вестник Казанского технологического университета 2012. Т. 15. №18. 229-232 с.
7. Грибков А.М. Обеспечение технологического норматива по оксидам серы для котлов ТЭС. // Проблемы энергетики. Известие ВУЗов. 2020;22(6):164-175 с.
8. Зверева Э.Р., Ганина Л.В. Присадка к мазуту: патент на изобретение, заявка № 2007136395/04 от 01.10.2007 Рос. Федерация, положительное решение от 06.03.2009.

УДК 621.311.2

ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ МГД-ГЕНЕРАТОРА В РАБОТУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Майоров Егор Сергеевич[1], Минибаев Азамат Ильшатович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
timetolegend@gmail.com

Аннотация: В данной работе представлены результаты исследования возможности внедрения МГД-генератора в работу электростанций. Были проведены исследования о возможности и целесообразности использования установки при использовании различных рабочих тел.

Ключевые слова: Электростанция, электроэнергия, Магнитогидродинамический генератор, проводимость, ионизированный газ.

POSSIBILITY OF IMPLEMENTING THE MHD GENERATOR INTO THE OPERATION OF POWER PLANTS

Mayorov Egor Sergeevich[1], Minibaev Azamat Ilshatovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
timetolegend@gmail.com

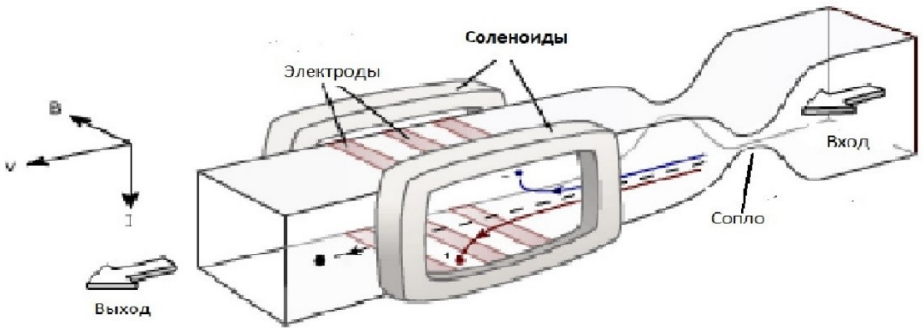
***Abstract**: This paper presents the results of a study of the possibility of introducing an MHD generator into the operation of power plants. Studies were carried out on the possibility and feasibility of using the installation when using various working bodies.*

***Key words**: Power plant, electricity, Magnetohydrodynamic generator, conductivity, ionized gas.*

Одной из основных задач энергетики на сегодняшний день является нахождение наиболее выгодного и результативного способа выработки электроэнергии. Начиная от мелких усовершенствований и до создания новых видов ТЭС лежит путь к повышению выработки электроэнергии.

В 1832 Майкл Фарадей доказал, что в движущемся проводнике, находящемся под действием магнитного поля, возникает электрический ток [1, С.1], что послужило началом для создания первого магнитогидродинамического генератора (МГД-генератор)

МГД-генератор-энергетическая установка, в которой энергия рабочего тела, движущегося в магнитном поле, преобразуется непосредственно в электрическую энергию (см. рисунок).



Устройство МГД-генератора

Рабочем телом в данной установке могут выступать жидкие металлы и плазма. Проходя через сопло, рабочее тело приобретает скорость в диапазоне от дозвуковых и до сверхзвуковых, свыше 1900 m/c [1, С.1], после чего попадает в магнитное поле, созданное соленоидами, в результате чего буду образовываться направленные потоки носителей зарядов, которые в последствие будут попадать на электроды, создавая движение тока.

Мощность данной установки будет определяться проводимостью рабочего тела, квадратом его скорости и квадратом напряженности магнитного поля. Проводимость в свою очередь будет зависеть от температуры нагрева рабочего тела.

$$\delta = enu \tag{1}$$

где n - концентрация носителей заряда, определяющих проводящие свойства данного тела, а u – подвижность этих носителей. [1, С.1] Подвижность носителей прямо пропорциональна температуре рабочего тела.

В ситуации, когда рабочем телом является жидкий металл, особых условий не требуется и МГД-генератор может быть внедрен в работы различных электростанций (на АЭС типа БН уже используется жидкий металл в качестве теплоносителя), в то время как при использовании ионизированного газа (плазмы) возникнет ряд технологических проблем. К этим проблемам относится температура нагрева рабочего тела и высокие требования к материалам электродов и стенкам рабочей камеры (выдерживание температур 2000–3000 К).

Ионизация газа происходит при температуре более 2000 К, в то время, как наибольшая температура, которую может передать ТЭС рабочему телу – 600-700 С. Что же касается материалов электродов и стенок рабочей камеры, то есть два варианта решения проблемы. Первым и самым очевидным является использование тугоплавких материалов, но их стоимость может сильно повлиять на экономическую составляющую данного внедрения. С другой стороны, можно использовать тот же метод, что используется на термоядерных реакторах – использование магнитного поля для сдерживания ионизированного газа. Но данный метод будет трудного реализован в условиях работы электростанций.

В результате можно сказать, что успешность внедрения МГД-генератора в работу ТЭС будет зависеть от рабочего тела. На сегодняшний день использование жидкого металла является единственным возможным вариантом. Сейчас трудно утверждать приведёт ли использование ионизированного газа в качестве рабочего тела к повышению или понижению КПД электростанций.

Источники

1. URL: http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000011/st012

2. Минибаев А.И. Принципы получения ядерного топлива для АЭС // Материалы докладов XV аспирантско – магистерского семинара, посвященного «Дню энергетика» / Под общей редакцией д-ра физ.-мат наук, проф. А.В. Голенищева-Кутузова. В 2 т.; Т.I. Казань: Казан. гос. энерг.ун-т, 2012-256с.

3. Минибаев А.И., Власов С.М. Электростатический способ обогащения урана // Материалы докладов VII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / Под общ. ред. канд. техн. наук Э.Ю. Абдуллазянова. В 4-ч т.; Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т., 2012. 250 с.

4. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour

5. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

УДК 338.2

ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ ОАО «ТАТНЕФТЬ»

Маннапова Лейсан Ринатовна[1], Бурганов Раис Абрарович [2]
[1,2] ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]leisanka98@list.ru, [2]burganov-r@mail.ru

Аннотация: Главная цель стратегического управления – развитие потенциала и поддержание стратегической способности предприятия к выживанию и эффективному функционированию в условиях нестабильной внешней среды. В данной статье рассмотрены особенности стратегического управления на примере компании ОАО «Татнефть».

Ключевые слова: стратегическое управление, методы стратегического управления, SWOT-анализ.

FEATURES OF STRATEGIC MANAGEMENT ON THE EXAMPLE OF JSC TATNEFT

Leysan Rinatovna Mannapova[1,] Rais Abrarovich Burganov[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]leisanka98@list.ru, [2]burganov-r@mail.ru

Annotation: *The main goal of strategic management is to develop the potential and maintain the strategic ability of the enterprise to survive and function effectively in an unstable external environment. This article discusses the features of strategic management on the example of JSC Tatneft.*

Keywords: *strategic management, strategic management methods, SWOT analysis.*

В современных условиях без учета механизма осуществления стратегического управления невозможно достичь цели развития любой фирмы, а также занять конкурентную позицию в рыночном пространстве. [1]. Само понятие «стратегическое управление» имеет ряд определений. Изначально стратегическое управление в узком значении интерпретировалось как долгосрочное планирование производства продукции и освоения рынков. В широком значении «стратегическое управление» – это такое управление организацией, которое опирается на человеческий потенциал как основу организации, ориентирует производственную деятельность на запросы потребителей, гибко реагирует и проводит своевременные изменения в организации, отвечающие вызову со стороны окружения и позволяющие добиваться конкурентных

преимуществ, что в совокупности дает возможность организации выживать в долгосрочной перспективе, достигая при этом своих целей» [2, С. 12].

Разработка стратегии управления компанией требует значительных денежных и временных затрат. Поэтапное внедрение теоретических данных, основанных на предварительном анализе собранных данных о рынке, конкурентах, продуктах, потенциале компании, в практическую жизнь, можно реализовать при помощи определенного набора инструментов. Особую роль в стратегическом управлении играет институциональные аспекты развития фирмы [3, 4].

На данный момент в мировой экономике существуют множество инструментов и методов стратегического управления, например, *SWOT*-анализ, *PEST*-анализ, сбалансированная система показателей (BSC), модель БКГ и т.д. Рассмотрим стратегическое управление компании ОАО «Татнефть» на примере *SWOT*-анализа. *SWOT*-анализ является средством стратегического управления, который заключается в выявлении влияющих факторов внутренней и внешней среды, влияющих на экономику компании. Факторы делятся на четыре категории: *Strengths* (сильные стороны), *Weaknesses* (слабые стороны), *Opportunities* (возможности) и *Threats* (угрозы).

Открытое акционерное общество «Татнефть» — одна из крупнейших отечественных нефтяных компаний, осуществляющая свою деятельность в статусе вертикально-интегрированной Группы. *SWOT*-анализ позволит предварительно проанализировать внутренние факторы, способные оказать влияние на функционирование и развитие ОАО «Татнефть». Проведем *SWOT*-анализ ОАО «Татнефть».

Таблица 1

SWOT - анализ ОАО «Татнефть»

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Известность компании на рынке 2. Занимает весомую долю рынка 3. Использование продвинутых технологий добычи нефти 4. Финансовая стабильность 5. Сравнительно низкие цены относительно своих конкурентов 6. Современное оборудование 7. Инициативное руководство 8. Преданные организации работники	1. Низкое качество ресурсной базы 2. Невысокие темпы добычи нефти 3. Большие затраты на производство 4. Недостаточно широкий ассортимент продукции

Возможности	Угрозы
1. Расширение сервисных проектов в России и за рубежом 2. Разработка битумной нефти совместно с Shell 3. Сотрудничество с новыми организациями	1. Падение цен на нефть 2. Утрата контроля над издержками

По данному *SWOT*-анализу можно сделать вывод, что у ОАО «Татнефть» больше сильных сторон, чем слабых, что вызвано хорошим стабильным финансовым положением.

В заключении, можно сказать, что используя тот или иной инструмент, средство или метод стратегического управления, руководство компании может выбрать общую стратегию функционирования компании на рынке и, соответственно, определить стратегию направления развития своего продукта в зависимости от условий, которые диктует сегодняшняя экономика.

Источники

1. Катькало В.С. Исходные концепции стратегического управления и их современная оценка // Российский журнал менеджмент. Том 1, №1, 2018. С. 7-30.

2. Виханский О.С. Стратегическое управление. М.: Гардарика, 2018. 296 с.

3. Бурганов Р.А., Алтынбаева Э.Р. Решение институциональных проблем как фактор стабильного развития электроэнергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 9-10. С. 111-115.

4. Бурганов Р.А. Процессы создания институционального поля рынка услуг // Актуальные проблемы экономики и права. 2013. № 2. С. 26-32.

5. Официальные данные ОАО «Татнефть» [Электронный доступ] – М. 2020. Режим доступа: https://www.rusprofile.ru/id/4137678.

УДК 66.081

ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ ЕДИНИЦЫ УСТАНОВКИ ОБРАТНОГО ОСМОСА

Мингазов Ришат Рустамович[1], Власова Алена Юрьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]mingazov.rishat1998@gmail.ru, [2]vlasovaay@mail.ru

Аннотация: В статье изложен концепт и необходимые параметры для моделирования наименьшей модульной единицы водоподготовительной установки
Ключевые слова: модель, обратный осмос, водоподготовка.

SOFTWARE SIMULATION OF MODULAR UNIT OF REVERSE OSMOSIS PLANT

Mingazov Rishat Rustamovich[1], Vlasova Alena Iurevna[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]mingazov.rishat1998@gmail.ru, [2]vlasovaay@mail.ru

Abstract: *The article describes the concept and the necessary parameters for modeling the smallest modular unit of a water treatment plant.*
Keywords: *model, reverse osmosis, water treatment.*

Современные системы водоподготовки уже невозможно представить без использования в них установок обратного осмоса (УОО). Это прослеживается в статистике использования УОО в водоподготовительных установках (ВПУ) [1, С.70-82]. В связи с этим предприятия сталкиваются с новыми эксплуатационными проблемами, вследствие которых уменьшается время между техническим обслуживанием мембранных установок. Эти проблемы напрямую связаны с качеством воды в системе ВПУ и влияют на состояние мембран в УОО.

В иностранных источниках выделяют внутреннее и внешнее загрязнение, а также множество причин этих загрязнений [2, С. 2-4]. Внешнее зависит от свойств мембраны, химического состава и температуры раствора, режима работы и физических характеристик модуля и дополнительно определяется потенциалом биологического роста питательной воды. Внутреннее же представляет собой изменение структуры мембраны, ее химическую деградацию или физическое уплотнение. [3, С. 33-49]

Для предотвращения обозначенных выше случаев необходимо качественно вести водно-химический режим (ВХР) в контуре ВПУ. Для решения данной задачи следует производить математическое моделирование системы ООУ с учетом особенностей состава воды и паспортных ограничений модулей обратного осмоса.

Достаточными для моделирования параметрами являются [4, С. 64-65]:

1. Расход воды через модуль, который равен сумме расхода пермеата и концентрата модуля:

$$Q_{исх} = Q_{перм} + Q_{конц} \tag{1}$$

2. Коэффициент преобразования модуля в качестве отношения количества пермеата к количеству исходной воды для i-го компонента:

$$K_i = \frac{Q_{перм\ i}}{Q_{исх\ i}} \tag{2}$$

3. Селективность мембраны для i-го мембранного модуля – это доля концентрации j-го компонента перешедшее в концентрат из исходной воды:

$$R_{i,j} = \frac{C_{j\ исх\ i} - C_{j\ перм\ i}}{C_{j\ исх\ i}} \tag{3}$$

4. Солепроницаемость – доля концентрации вещества прошедшее в пермеат из исходной воды:

$$SP_{i,j} = \frac{C_{i\ перм\ j}}{C_{i\ исх\ j}} = \frac{\left(1 - \left(1 - K_i\right)^{1-\varphi_j}\right)}{K_i} = 1 - R_{i,j} \tag{4}$$

где φ – константа селективности мембранного модуля – величина, отражающая долю задерживаемых примесей j-го компонента на мембране:

$$\varphi_j = \frac{C_{j\ конц\ i} \cdot Q_{конц\ i}}{C_{j\ исх\ i} \cdot Q_{исх\ i}} \tag{5}$$

Результатом такого моделирования является обоснование количества используемых реагентов для оптимизации водно-химического режима ООУ в составе ВПУ и поиск соответствующего реагента для, например уменьшения перепада давления в мембранном модуле [5, С.237 - 245].

Подводя итог вышеизложенному материалу, можно сказать, что существует достаточная теоретическая база для разработки программного комплекса в сфере решения задач поддержки и улучшения ВХР в системах с использованием УОО.

Источники

1. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А., Саитов С.Р., Филимонов А.Г., Гирфанов А.А. Анализ опыта внедрения баромембранных технологий на ТЭС РФ // Труды Академэнерго 2013. № 4.

2. Dong, B. Pretreatment and membrane hydrophilic modification to reduce membrane fouling / W. Sun, J. Liu, H. Chu, B. Dong. // Membranes – 2013.

3. Hoek, E.M.V. Modeling the effects of fouling on full-scale reverse osmosis processes / E.M.V. Hoek, J. Allred, T. Knoell, B-H. Jeong // J Membr Sci – 2008.

4. Саитов С.Р. Повышение эффективности технологии баромембранного обессоливания воды на тепловых электрических станциях: дисс. канд. техн. наук – 2019

5. Park, P.-K. Effect of the removal of DOMs on the performance of a coagulation-UF membrane system production / P.-K. Park, C.-H. Lee, S.-J. Choi, K.-H. Choo, S-H Kim, C.-H. Yoon // Desalination – 2002. №145.

УДК504.054

ИЗБЕЖАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОТ ТЭС

Миниханова Алия Рунаровна[1], Измайлова Алина Ринатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]zmailik10@yandex.ru, [2]minihanova@gmail.com

Аннотация: В статье затрагиваются главные проблемы загрязнения окружающей среды от теплоэлектростанций и способы решения их.
Ключевые слова: экология, ТЭС, окружающая среда, электростанция, топливо, энергетика.

AVOIDING NEGATIVE EFFECTS FROM THERMAL POWER PLANTS

Minikhanova Aliya Runarovna[1], Izmailova Alina Rinatovna[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]zmailik10@yandex.ru, [2]minihanova@gmail.com

Abstract: *The article touches upon the main problems of environmental pollution from thermal power plants and ways to solve them.*
Keywords: *ecology, thermal power plant, environment, power plant, fuel, energy.*

Экология и защита окружающей человека среды является одной из важнейших глобальных проблем. Мы обратим внимание только на часть проблемы, которая связана с электростанциями.

Энергетика стремительно развивается и тепловые комплексы являются самым распространенным видом электростанций в мире. Объясняется популярность ТЭС прежде всего доступностью органического топлива. В частности на ТЭЦ выполняется функция пароснабжения или горячего водоснабжения, а на КЭС или на ГРЭС производится исключительно электрическая энергия. Данная потребность будет сохраняться ещё длительное время. Следовательно, масштабы энергопотребления постоянно возрастают, соответственно увеличивается отрицательное влияние энергетики на природу.

При сгорании топлива в атмосферу попадает огромное количество вредных выбросов. К ним относятся твёрдые частицы золы, летучие органические соединения, окислы азота (NO, NO_2) и серы (SO_2, SO_3), аммиак (NH_3), оксиды углерода (CO, CO_2), углеводороды (CH, $C_{20}H_{12}$). Кроме того, ТЭС сильно загрязняют воду и портят рельеф местности, так как нуждаются в потребности создания мест для хранения шлаков, топлива или золы(только для пылеугольных ТЭЦ или ГРЭС). Основным

химическим элементом твёрдого органического топлива, который участвует в процессе горения, является углерод или углеводороды. Поэтому в результате сжигания ископаемых видов топлива, например уголь, образуется углекислый газ, который выбрасывается с тепловых электростанций и способствует возникновению «парникового эффекта».

Поэтому и возникает вопрос об инновациях, способных усовершенствовать ТЭС в сторону их экологической безопасности.

Для благоприятной экологической обстановки необходимо строительство различных очистных сооружений, ввод в эксплуатацию безотходных технологических процессов и устройств замкнутых циклов водопользования. Обязательным элементом любой котельной на сегодняшний день должен быть золоуловитель, благодаря которому очистится дым от установки приблизительно на 90 %.

Несомненно, загрязнение атмосферы в решающей степени зависит от того, какое топливо используется. С точки зрения экологии лучшим вариантом топлива является природный газ, почти полностью состоящий из метана. При сгорании газа выделяется меньше углекислого газа по сравнению с другими традиционными источниками, например углем. В результате замена угольного топлива на газовое ТЭЦ дает снижение выбросов CO_2 на 50–70 %.

Положительное влияние окажет и высадка лесных зон вокруг городов и промышленных центров.

Таким образом, энергетика будет активно развиваться и дальше, но, разумеется, с учётом требований к экологической безопасности используемых технологий для обеспечения комфортного проживания будущих поколений на нашей планете.

Источники

1. Василенко А.Б., Тетельмин В.В. Современная энергетика и энергетика будущего. Технология производства. Нетрадиционные источники. Экологическая безопасность М.: ЛЕОНАНД, 2018. 240 с.

2. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире / Долгопрудный: Интеллект, 2011. 167 с.

3. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов / М. Энергоатомиздат, 1995. 416 с.

4. Рыжкин В.Л., Тепловые электрические станции: Учебник для вузов / Под ред. ВЛ. Гиршфельда. М: Энергоатомиздат, 1987. 328 с.

5. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций: Учебник для вузов / М.: Энергоиздат, 1982. 264 с.

УДК 621-313.3

АНАЛИЗ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭС

Низамаева Анастасия Васильевна[1], Власов Сергей Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]nizamaevan@mail.ru

Аннотация: В процессе работы и эксплуатации систем технического водоснабжения ТЭС происходит постоянное накопление микроорганизмов. Их образование и размножение приводят к сокращению срока службы, эффективности и надежности работы энергетического оборудования. Количество и видов биологических организмов, присутствующих на установках системы технического водоснабжения, может быть весьма разнообразным. В статье представлены методы оценки количества бактерий и его состава, также методы очистки установки.

Ключевые слова: система технического водоснабжения тепловых электрических станций, микробиологические исследования, отложения, микроорганизмы.

ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL SEDIMENTS IN THE TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEM OF TPP

Nizamaeva Anastasia Vasilievna[1], Vlasov Sergey Mikhailovich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
1nizamaevan@mail.ru

Abstract: *During the operation and operation of the technical water supply systems of TPPs, there is a constant accumulation of microorganisms. Their formation and reproduction lead to a reduction in the service life, efficiency and reliability of power equipment. The number and types of biological organisms present in the installations of the technical water supply system can be very diverse. The article presents methods for assessing the number of bacteria and its composition, as well as methods for cleaning the installation.*

Key words: *technical water supply system of thermal power plants, microbiological studies, sediments, microorganisms.*

Система технического водоснабжения на ТЭС чаще всего подвержена загрязнению биологическими организмами. Микроорганизмы могут включать в себя и бактерии, и грибы, и дрожжи. Природная вода под действием специфических факторов изменяет свой физико – химический и биологический состав, что может привести к образованию осадков в конденсаторах турбин и на оросителях градирен. Неудовлетворительное состояние системы технического водоснабжения приводит к ухудшению

работы турбоустановок, возникновению аварийных ситуаций, перерасходу топлива на выработку электроэнергии, а иногда и к ограничению мощности ТЭС [4].

Современные технологии позволяют повысить надежность энергетического оборудования и играют большую роль в экономическом аспекте, необходимость в особом внимании к биологическому контролю и модернизации установок системы охлаждения только возрастает [1].

В техническом водоснабжении невозможно полностью избавиться от возникновения микроорганизмов, они всегда будут присутствовать, но можно снизить скорость их образования, воздействуя на процесс формирования. Возникновение биологических загрязнений могут быть выявлены в трубопроводах тепловых сетей, в теплообменных оборудований систем оборотного охлаждения и т.д. [5].

Методы оценки количества бактерий и его состава – одно из важнейших процессов исследования микробиологических отложений в системе технического водоснабжения ТЭС. Сейчас наиболее распространенные для применения такие методы оценки, как ИК – спектороскопия, люминометрический, BART тесты и т.д.

1. ИК – спектороскопия основана на исследовании вещественного состава органических или неорганических соединений. Особенность этого метода заключается в том, что он допускает исследование вещества в любом агрегатном состоянии, в то время как другие методы исследования для этих целей не пригодны.

2. Люминометрический метод основан на определении внутриклеточного аденозинтрифосфата. Величина концентрации аденозинтрифосфата указывает на уровень чистоты.

3. *BART* тест предназначен для определения биологической активности бактерий и их видов.

Метод очистки выбирается в зависимости от установки, в которой протекает процесс образования отложений, состава и загрязненности оборудования. Для этого используют технологические, химические и физические методы обработки.

1. Технологические:

– продувка системы оборотного водоснабжения (этот метод заключается в уменьшении отложений путём капельном уносе жидкости и в выходе воды вместе с продувкой и отбором на технологические нужды ТЭС);

2. Химические:

– подкисление (обработка воды кислотой);

– рекарбонизация (стабилизация воды методом восполнения десорбированного в градирню углекислого газа до равновесного значения);

– хлорирование (обработка воды хлором и медным купоросом).

3. Физические:

– адсорбционно-каталитический способ (использование металлокомплексных керамических адсорбентов-катализаторов, обеспечивающих задержание минеральных примесей).

Процесс работы и эксплуатации системы технического водоснабжения ТЭС сопровождается постоянным накоплением и размножением микроорганизмов. Представленные методы позволяют оценивать и проводить мониторинг технического состояния оборудований.

** Работа выполнена при финансовой государственной поддержке молодых российских ученых – докторов наук при Президенте РФ (Конкурс – МК-2020). Заявка № МК-424.2020.5. Соглашение № 075-15-2020-170.*

Источники

1. Алиев А.Ф. Предотвращение накипеобразования в оборотных системах технического водоснабжения при использовании вод повышенной минерализации // Теплоэнергетика. 2006. №8. С. 55-58.

2. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

3. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour

4. Сорокина Б.А., Макарова Е.В., Пильцова Н.К. Классификация систем технического водоснабжения ТЭС // Энергетик. 2016. №5. С. 29-32.

5. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А., Власов С.М., Власова А.Ю. Методы снижения бактериального загрязнения систем оборотного охлаждения ТЭЦ // Теплоэнергетика. 2015. №7. С. 62.

УДК 330

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ТЭК ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Рахматуллин Самат Султанович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
samatrakhmatullin@gmail.com

Аннотация: Рассматривается нынешняя деятельность в топливно-энергетическом комплексе в ЯНАО. Представляются наиболее важные осуществленные и планируемые к реализации стратегические проекты ТЭК региона и их влияние на последующий экономический рост округа.
Ключевые слова: ТЭК, ЯНАО, экономика, промышленное производство

MODERN DEVELOPMENT OF THE FUEL AND ENERGY SECTOR IN THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

Rakhmatullin Samat Sultanovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
samatrakhmatullin@gmail.com

Abstract: *The present activity in the fuel and energy complex in YNAO is considered. The most important implemented and planned for implementation strategic projects of fuel and energy complex of the region and their impact on the further economic growth of the district are presented.*
Keywords: *FEC, YNAO, economy, industrial production*

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) обеспечивает устойчивое функционирование всех сфер деятельности государства [1, С. 125] и является ключевым звеном в развитии Ямало-Ненецкого АО, на территории которого находится большая часть полезных ископаемых в РФ [2]. Освоение нефти, газа и конденсата – одно из конкурентных направлений ЯНАО (95 % долгосрочного промышленного производства региона) [3].

В последние годы ТЭК округа развивается особенно активно, вводятся в эксплуатацию значимые проекты:

Вынгапуровский ГПЗ (2,8 млрд м³/год) с запуском которого реализовано создание единой сети объектов переработки и транспортировки попутного нефтяного газа, а введение в эксплуатацию в 2016 г. новой установки поспособствовало достижению показателей

мирового уровня в плане экологической ситуации и повышения сырьевой базы [4]: увеличены мощность до 4,2 млрд м³/год, объем сжиженных газов до 3,2 млрд. м³ и производство фракции легких углеводородов до 1100 тыс. т/год со степенью извлечения 99 %.

Повышение переработки конденсата ПАО “НОВАТЭК” до 11 млн т/год введением четырех технологических нитей стабилизации конденсата общей мощностью 3 млн т/год [5].

АО «Транснефть Сибирь» завершило строительство нефтепровода Заполярье-Пурпе-Самотлор в системе Восточная Сибирь-Тихий океан для поставки нефти в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. При строительстве были задействованы Восточно-Мессояхское и Пякяхинское месторождения, а последующий рост добычи нефти будет обеспечен за счет промышленной разработки Заполярного, Русского, Западно-Мессояхского месторождений, где база конденсата и нефти оценивается в 3,2 млрд. тонн [6].

Введен в эксплуатацию арктический терминал беспричальной отгрузки нефти «Ворота Арктики», для которого построены подводные и наземные нефтепроводы протяженностью более 10 км [7].

Проект «Ямал СПГ» в 2017 г. запустил первую линию по сжижению газа (5,5 млн т/год). Запуск последующих двух линий обусловил рост мощности до 16,5 млн т/год, а отдельно четвертой – на 900 тыс. т/год [8].

Важная роль в развитии ТЭК региона отводится господдержке и инвестполитике: сформирован перечень организаций, реализующих инвестпроекты; 19 предприятий получили поддержку налоговыми преференциями в 2018 г. [9]. Работы в ЯНАО ведутся в активном сотрудничестве с предприятиями региона в соответствии с соглашениями целостного развития ТЭК [10]. Планируется, что это привнесет к 2024 г. в экономику округа около 900 млрд. рублей, что с реализацией стратегических проектов составит 1183 млрд. рублей к 2030 г. Дальнейший рост ТЭК региона будет обусловлен инвестициями, развитием транспортной системы и диверсификацией экономики [11, С. 4].

Источники

1. Замалиева А.Т., Зиганшин М.Г. Усовершенствованная установка фильтрации газа для подготовки топлива энергетических систем // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 5. С. 124–131.

2. О Ямале [Электронный ресурс]. https://invest.yanao.ru/about/ (дата обращения: 01.10.21).

3. Топливные предприятия ЯНАО [Электронный ресурс]. http://cyclowiki.org/wiki/Топливные_предприятия_Ямало-Ненецкого_АО (дата обращения: 02.10.21).

4. СИБУР ввел в строй вторую очередь Вынгапуровского ГПЗ [Электронный ресурс]. https://www.sibur.ru/press-center/news/SIBURvvelvstroyvtoruyuocheredVyngapurovskogoGPZrasshirivinfrastrukturuposboruipererabotkePNGvYANAO/ (дата обращения: 02.10.21).

5. НОВАТЭК увеличил мощность Пуровского ЗПК [Электронный ресурс]. https://neftegaz.ru/news/neftechim/252204-novatek-uvelichil-moshchnost-purovskogo-zpk/ (дата обращения: 03.10.21).

6. Нефтепровод «Заполярье – Пурпе» [Электронный ресурс]. https://pipe-s.ru/truboprovod-zapolyar-ye-purpe-transneft/ (дата обращения: 04.10.21.

7. Как «Ворота Арктики» открыли путь для нефти «Новый порт» [Электронный ресурс]. https://arctic-russia.ru/project/kak-vorota-arktiki-otkryli-put-dlya-nefti-novyy-port/ (дата обращения: 05.10.21).

8. Проект «Ямал СПГ» [Электронный ресурс]. https://www.novatek.ru/ru/business/yamal-lng/ (дата обращения: 08.10.21).

9. Правительство ЯНАО [Электронный ресурс]. https://www.yanao.ru/activity/6592/ (дата обращения: 06.10.21).

10. Постановления Правительства ЯНАО [Электронный ресурс]. http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&backlink=1&nd=163018037&page=1&rdk=13#I0 (дата обращения: 07.10.21).

11. Ermakova A. The main directions of development of the fuel and energy complex at the regional level // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Т. 808. № 1. С. 012048.

УДК 628.192

ОТХОДЫ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ И ПУТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Фаизова Юлиана Рифкатовна[1], Власова Алена Юрьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ya.faizova2014@yandex.ru, [2]vlasovaay@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены виды отходов химводоочистки тепловых станций, способы утилизации шлама, описан экономический эффект для станций при продаже отходов на другие предприятия.

Ключевые слова: водоподготовка, утилизация шлама тепловых станций, химводоочистка, экономический эффект.

WASTE WATER TREATMENT PLANTS OF HEAT STATIONS AND THE WAYS OF THEIR IMPLEMENTATION

Yuliana Rifkatovna Faizova[1], Alena Yurievna Vlasova[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ya.faizova2014@yandex.ru, [2]vlasovaay@mail.ru

***Abstract**: The article discusses the types of waste from chemical water treatment of thermal power plants, methods of disposal of sludge, describes the economic effect for plants when selling waste to other enterprises.*

***Key words**: water treatment, utilization of sludge from thermal power plants, chemical water treatment, economic effect.*

Тепловые электрические станции потребляют большое количество воды, которое необходимо в качестве исходного вещества для парообразования в котле, для конденсации отработавшего пара, для охлаждения различных аппаратов ТЭС, в качестве теплоносителя. Для получения обессоленной воды используются различные виды водоподготовки: технологии ионного обмена и мембранные технологии. При ионном обмене образуются следующие виды отходов: шламовые воды, кислые и щелочные отработанные регенерационные растворы и жесткие высокоминерализованные стоки. Одним из основных видов отходов на ХВО ТЭС – шлам. Он образуется во время предварительной очистки воды: при осветлении её и так же во время снижения щёлочности.

Большие объемы шлама, хранящиеся на ТЭС представляют собой серьезную проблему, в связи с тем, что утилизация отходов

водоподготовки и очистка шламоотвалов весьма экономически затратный процесс сопряжённый с перечнем экологических трудностей.

На предприятиях энергетики шлам, как правило, временно накапливается и хранится на шламоотвалах. После того, как они заполняются до критической отметки, сброс шламовых вод останавливают, а накопившийся шлам с целью его дальнейшего накоплению очищают и проводят обезвоживание.

Сейчас на многих предприятиях обжиг и сушку шлама применяют как основной метод для утилизации, но данный способ экологически не безопасен в связи с тем, что при этом образуется большое количество газов имеющих в своём составе загрязняющие вещества. В число таких газов входят NO_2, SO_2, HCl, газы на основе углеводорода (H_xC_y) и CO, которые в свою очередь приходится очищать. Данная проблема не решается полностью, так как остаётся минеральная часть осадка.

На данный момент существует несколько способ использования шлама ХВО:

1. В качестве сырья для производства вяжущих веществ (гипса) используемых для штукатурных работ.
2. В качестве наполнителя в резинотехнических смеси.
3. В качестве минеральных удобрений используемых в сельском хозяйстве.
4. В качестве адсорбента нефтесодержащих продуктов в сточных водах ТЭС.

По данным на 2021 год цена 465руб./т., на ТЭС средней мощности ежесуточно образуется около 20т. шлама, то есть в год около 7300т., путём простых математических вычислений можно сделать выводы , что в среднем в год тратиться порядка 3,4 млн.руб. на утилизацию данных отходов только на одной ТЭС. Повторное же использование шламовых отходов позволит не только снизить расходы на утилизацию шлама, а так же принести экономическую выгоду предприятиям энергетики.

Для примера рассмотрим суммарный экономический эффект для Казанской ТЭЦ-1 с учетом возврата денежных затрат на утилизацию шлама и средней прибыли при использовании шлама ХВО в качестве минерального инертного наполнителя в резинотехнических смесях. Он составит приблизительно 2млн.руб./год.

Таким образом утилизация шлама с ТЭС позволит не только уменьшить вредные выбросы в атмосферу, но и позволит улучшить экономический эффект станции в целом. Более того, данный способ

позволит уменьшить себестоимость продуктов других предприятий, использующих шлам с ТЭС.

Источники

1. Николаева Л.А., Бородай Е.Н.. Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС. Монография. – Казань.: КГЭУ, 2012. 110 с.

2. https://raex-a.ru/database/inno/14340

3. Большаков Р.В. Экологические и экономические проблемы утилизации крупнотоннажных отходов химводоподготовки Нижнекамской ТЭЦ. // Материалы VIII Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», Казань, 2007.

4. Стефани Э., Пол Дуглас Г. и др. Патент 2318738 GB/ Переработка шлама сточных вод. Заявлено 21.06.2004. Опубликовано 10.09.2006.

5. Вознесенский В.В., Феофанов Ю.А. Экологические технологии: проблемы переработки и утилизации осадков сточных вод // Инженерная экология. 1999. №1. С. 2-7.

УДК 621.31

ВАРИАНТЫ БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК АЭС

Шайхутдинов Ярослав Олегович[1], Макуева Дилара Ахлимановна[2],
Минибаев Азамат Ильшатович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]jara2105@mail.ru, [2]dil.avp@mail.ru, [3]minibaev-a@list.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются возможные варианты использования и накопления остаточного энерговыделения тепловыделяющих сборок. Приведенные варианты позволяют снизить затраты станции на собственные нужды, а также более эффективно использовать остаточное энерговыделение отработавших тепловыделяющих сборок, находящихся в бассейнах выдержки.

Ключевые слова: тепловыделяющие сборки, остаточное энерговыделение, атомные электрические станции, накопление энергии.

OPTIONS FOR MORE EFFECTIVE USE OF RESIDUAL ENERGY OF SPENT FUEL ASSEMBLIES OF A NPP

Shaikhutdinov Yaroslav Olegovich[1], Makueva Dilara Akhlimanovna[2],
Minibaev Azamat Ilshatovich[3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]jara2105@mail.ru, [2]dil.avp@mail.ru, [3]minibaev-a@list.ru

Abstract: *This article discusses some ways of use and accumulation of the decay heat of spent fuel assemblies. This will make it possible to use more efficiently the residual energy of spent fuel assemblies, as well as to reduce the cost of own needs of a nuclear power plant.*

Key words: *fuel assemblies, residual energy, nuclear power plants, energy accumulation.*

В наше время тепловыделяющие сборки (ТВС) используются в ядерных реакторах 4-5 лет, после чего извлекаются и помещаются в бассейн выдержки. Находясь в бассейне, остаточное энерговыделение отработавших ТВС (ОТВС) постепенно снижается [1].

Энергию, выделяемую ОТВС во время пребывания в бассейне выдержки, можно в дальнейшем использовать и накапливать, например, в виде горячей воды в специальных резервуарах. Для расчета мощности остаточного тепловыделения можно воспользоваться формулой Вэя-Вигнера [2].

Полное расчетное остаточное энерговыделение одной ОТВС реактора ВВЭР-1000 представлено в таблице 1 [3]:

Таблица 1

Полное расчетное остаточное энерговыделение одной ОТВС ВВЭР-1000

Параметр	Время хранения, лет					
	0,5	1,0	2,3	3,0	10	30
$(W_\alpha + W_\beta)$, МэВ/ОТВС	$5{,}99 \cdot 10^{16}$	$4{,}96 \cdot 10^{16}$	$3{,}1 \cdot 10^{16}$	$2{,}42 \cdot 10^{16}$	$3{,}66 \cdot 10^{15}$	$1{,}58 \cdot 10^{15}$
$(W_\alpha + W_\beta)$, Вт/ОТВС	9610	7940	4964	3870	587	254

Были выявлены следующие варианты использования и накопления энергии остаточного энерговыделения ОТВС.

Во-первых, накопление горячей воды в специальных резервуарах [4]. Для этого между бассейном выдержки и баком-резервуаром устанавливается теплообменный аппарат, в котором циркулирует горячая вода из бассейна и передает теплоту холодной воде, поступающей от потребителя. Предлагаемая схема приведена на рисунке. В данном случае теплообменник необходим для обеспечения безопасности и исключения возможности попадания борной воды из бассейна выдержки в бак-резервуар и, в дальнейшем, потребителю.



Использование накопительного резервуара

Во-вторых, остаточное энерговыделение ОТВС можно использовать для подогрева воды системы горячего водоснабжения (ГВС) [5] или химобессоленной воды. В данном случае мощность линейно зависит от количества ОТВС, установленных в корпусе нагревателя теплоносителя. Пример такого использования описывает источник [5]. Основной недостаток данного метода заключается в необходимости продуманной системы транспортировки ОТВС к месту использования и обеспечения их безопасности в процессе доставки.

В-третьих, теплота, выделяемая ОТВС, является низкопотенциальной. Ее можно использовать в тепловом двигателе,

работающем по циклу Ренкина с замкнутым контуром циркуляции и использующим в качестве рабочего тела низкокипящую жидкость. Данный теоретический способ позволяет повысить общий КПД электростанции за счет дополнительной выработки электроэнергии [7]. В качестве рабочего тела рекомендуется использовать эфир $C_5H_2F_6O_2$ [8].

В-четвертых, ОТВС после извлечения из реактора имеют температуру порядка 300°С [5]. Такую температуру можно использовать для получения термической ЭДС благодаря эффекту Зеебека. Если установить систему, которая реагирует на разницу температур, то полученную энергию можно использовать для питания насоса [6], который будет перекачивать воду в водонапорную башню в периоды уменьшения энергопотребления и расходовать ее в периоды повышения энергопотребления. В данном случае реализуется принцип работы гидроаккумулирующей электростанции.

Использование данных способов поможет накапливать и в дальнейшем использовать остаточную энергию ОТВС, что приведет к более эффективному использованию бассейна выдержки атомной электростанции.

Источники

1. Как производится ядерное топливо // rosatom-easteurope.com: 2020. 14 мая. URL: https://rosatom-easteurope.com/journalist/smi-about-industry/kak-proizvoditsya-yadernoe-toplivo/ (дата обращения: 05.09.2021).

2. Андрушечко С.А., Афров А.М. и др. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта М.: Логос, 2010. – 171 с. ISBN 978-5-98704-496-4.

3. Письменецкий С.А., Пышкин В.Б., Рудычев В.Г., Рудычев Е.В. Оценка остаточного тепловыделения отработавшего топлива ВВЭР-1000 // Вестник Харьковского университета. 2008. № 794. С. 69-72.

4. Jose I. LINARES, María M. CLEDERA. Sizing of thermal energy storage devices for micro-cogeneration systems for the supply of domestic hot water // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2014. Vol. 5. P. 37-43. doi: 10.1016/j.seta.2013.11.002.

5. Патент РФ № 2017126650 от 26.07.2017.

6. Патент США US № 2013/0028365A1

7. Патент РФ № 2014115738/02 от 18.04.2014.

8. Артеменко С.В. Фторированные эфиры – рабочие тела для низкотемпературного цикла Ренкина на органических веществах // Проблемы региональной энергетики. 2014. № 26. С. 22-30.

Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 37.047

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ФОРМАТОВ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСШИМИ УЧЕБНЫМИ ЗАВЕДЕНИЯМИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕННОСТЕЙ

Абдурашитов Самир Фуадович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университете»,
г. Казань, Россия
abdurashitov.samir@gmail.com

Аннотация: В статье описываются форматы используемые в рамках профориентационной деятельности, которые реализует за последние несколько лет ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», а также использование дистанционных дистанционных технологий и геймификации в данном направлении.

Ключевые слова: профориентация, профориентационная деятельность, инженерное образование.

USE OF INNOVATIVE FORMATS OF PROFORIENTATION ACTIVITIES BY HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF ENGINEERING DIRECTIONS

Abdurashitov Samir Fuadovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
abdurashitov.samir@gmail.com

Abstract: *The article describes the formats used in the framework of career guidance, which have been implemented over the past few years by the Kazan State Power Engineering University, as well as the use of remote distance technologies and gamification in this direction.*

Keywords: *vocational guidance, vocational guidance, engineering education.*

Профориентация – одна из наиболее важных задач развития и социализации человека, она призвана расширять кругозор ребенка, стимулировать его потребности к социально значимому труду и способствует развитию интереса к собственным возможностям. Нынешние тенденции в мире создают потребности в развитии инженерного образования. [1, С.5] Более того, у инженера должны быть компетенции,

которые позволят управлять всеми этими процессами. [2, С.1] Разворот российской массовой профориентации в сторону цифровой, постиндустриальной экономики, поиск новых, перспективных моделей и инструментов – единственный способ сделать профориентационную работу эффективной. [3]

Более подробно предлагаю рассмотреть опыт ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в профориентационной деятельности с учащимися школ и техникумов. Основным направлением профориентационной деятельности КГЭУ является популяризация инженерного образования. Для обучающихся школ разной возрастной категории на базе КГЭУ организуются различные мероприятия, в рамках которых для школьников проводятся экскурсии на предприятия РТ, такие как ООО «ИнвентЭлектро», кабельный завод «ТАТКАБЕЛЬ», АО «ICL-КПО ВС и другие по действующим в КГЭУ центрам и лабораториям «Компьютерное моделирование и инжиниринг в области энергетики и энергетического машиностроения», «Центр компетенций и технологий в области энергосбережения», «*SchneiderElectric*», «*Danfoss*», «ЭВАН», «*Bosch*», «Подстанция 110/10 кВ», мастер-классы и лабораторные работы «Компьютерная имитация возгорания»; «Изучение индивидуального блочного теплового пункта с дистанционным управлением с погодным регулятором»; «Замер температуры воды на входе и выходе из котла»; «Запуск турбины»; «Сборка электрической цепи и навыки работы с мультиметром» и многое другое [4, С.50]. Также активно реализуются профориентационные мероприятия на базе КГЭУ ставшими уже традиционными, такие как: «День открытых дверей», «Почувствуй себя студентом», викторина «Energyквиз», квест «В мире энергетики», «#Я поступаю в КГЭУ», различные олимпиады школьников и многое другое.

Также отдельно хочу поделиться опытом работы ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в профориентационной деятельности в период ограничений, связанных с короновирусной инфекцией «*Covid*-2019». Ограничения, связанные с «*Covid*-2019» стимулировали перевести образовательную деятельность в дистанционный формат работы, включая профориентационную деятельность. В период пандемии ВУЗ начал проводить свои профориентационные мероприятия с помощью цифровых технологий. Такие мероприятия как «День открытых дверей», викторина «Energyквиз», «#Я поступаю в КГЭУ» были проведены в дистанционном формате с помощью соответствующих технологий.

Безусловным положительным эффектом перехода на дистанционный формат стало расширение географического охвата, так, например, все чаще в профориентационных мероприятиях принимают участие региональные школы и техникумы, удаленные от Казани. К сожалению, есть и негативные эффекты. В дистанционном режиме не получается должно вовлечь учащихся в процесс мероприятия, труднее получать от них обратную связь.

Казанский государственный энергетический университет, является одним из трех ведущих энергетических вузов России, который ведет серьезную работу, нацеленную на формирование инженерных компетенций и создает условия для раскрытия личностных качеств школьников, реализации их творческих способностей и формирования взвешенного, самостоятельного выбора обучающимися профессиональной деятельности. Также хотелось бы отметить что, не смотря на сложные сложившиеся обстоятельства в мире Казанский государственный энергетический университет ведет уверенную и активную работу на таком стратегическом направлении как профориентационная деятельность.

Источники

1. Ильин В.К. Воспитание будущих инженеров в условиях взаимодействия школа-ВУЗ // Казанская инженерная школа (апробация модели современного технологического образования) Казань 2020. С.5-8

2. Колонтаевская И.Ф. Профориентационная работа со школьниками для поступления на инженерно-технические направления подготовки профессионального образования // Концепт. - 2014. - № 11

3. Сергеев И.С. Профориентация вдогонку за настоящим или вперед в будущее. Интервью журналу «Вестник образования в России» [Электронный ресурс]. https://vestniknews.ru/prilozhenie/intervyu-i-stati/4484-4064.html

4. Зайнуллин Р.Р. Сетевое взаимодействие школы и вуза по формированию инженерных компетенций у обучающихся // Казанская инженерная школа (апробация модели современного технологического образования) Казань 2020. С.50-53

5. Чистякова С.Н. Оценка становления и тенденции развития проблемы профессионального самоопределения обучающихся // Профессиональная ориентация и занятость молодежи. 2017. № 1. С. 5-8.

УДК 378.14

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО СЛЕДА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Будникова Иветта Константиновна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
ikbudnikova@yandex.ru

Аннотация: В статье расматривается понятие «цифровой след» и его значение в контексте мониторинга вовлеченности обучающихся в образовательный процесс с целью его совершенствования.

Ключевые слова: цифровые технологии, мониторинг образования, цифровой след

THE PRACTICE OF USING THE DIGITAL FOOTPRINT IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Ivetta Konstantinovna Budnikova
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
ikbudnikova@yandex.ru

Abstract: *The article examines the concept of "digital footprint" and its meaning in the context of monitoring the involvement of students in the educational process in order to improve it.*

Keywords: *digital technologies, education monitoring, digital footprint*

Формирование единой информационной образовательной среды, на основе электронных информационных ресурсов и электронных образовательных ресурсов должно осуществляться с учетом современных тенденций в области модернизации российского образования, лучших отечественных и мировых практик, требований основополагающих международных и национальных стандартов в области информационно-коммуникационных технологий и информационного обмена [1, 2].

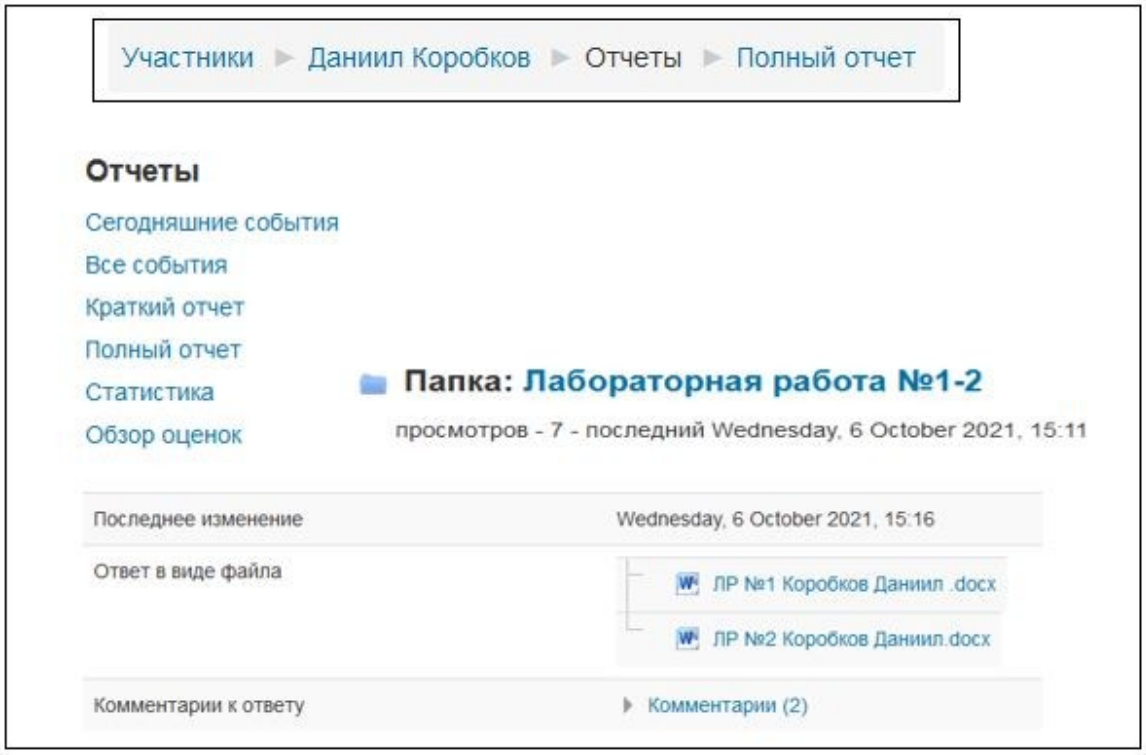
С 2021 года в нескольких российских вузах успеваемость студентов будет оценивать искусственный интеллект. Предполагается, что использование новой системы позволит более объективно оценивать учащихся. система на основании данных цифрового следа будет оценивать активность студентов на лекциях, их поведение, успеваемость и даже участие в общественной жизни.

Цифровой сервис будет выявлять студентов с низкой академической успеваемостью и предупреждать прежде всего самих студентов и деканат об этом. Сервис будет основан на данных цифрового следа студента: он

будет оценивать успеваемость студента, активность на лекциях, участие в общественной жизни университета, в целом поведение [3, 4].

Применение информационно-коммуникационных технологий в сфере образования повышает качество и доступность образования, способствует совершенствованию образовательных технологий, появлению новых форм обучения (электронное обучение, мобильное обучение, совместное обучение и др.), созданию электронных образовательных ресурсов и доступа к ним широкого круга обучающихся с использованием сети Интернет [5–8].

В работе показано, что применение электронных образовательных ресурсов (ЭОР) на площадке *Moodle* позволяет проводить мониторинг вовлеченности обучающихся в учебный процесс на разных этапах изучения дисциплины по его цифровому следу.



После записи обучающихся на курс, им представляется комплект разнообразных материалов для обучения. Обращение к каждому учебному ресурсу отражается на личной странице обучающегося с указанием даты обращения, количества обращений и времени (см. рисунок).

Полнота информации, которую может получить преподаватель о деятельности обучающегося по его цифровому следу, зависит от формата выбранного отчета: сегодняшние события, все события, краткий отчет, полный отчет, статистика или обзор оценок.

Таким образом устанавливается обмен цифровой коммуникацией между преподавателем и каждым обучающимся в течение всего периода обучения от записи на курс до экзамена.

Можно получить комплексную иформацию о результатах работы отдельной группы, а также потока из нескольких групп за разные годы.

Таким образом, в настоящее время применение цифрового следа в образовательном процессе применяется:

– для организации эффективного сопровождения обучения,

– для повышения учебной мотивации в освоение содержания,

– как показатель статистики использования электронных ресурсов,

– как основа отбора релевантной информации.

Источники

1. Национальный проект «Образование». Министерство просвещения Российской Федерации (2019). [Электронный ресурс]. URL: https://edu.gov.ru/national-project/ (дата обращения: 12.10.2021). – Текст : электронный.

2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. No 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: http://kremlin.ru/acts/bank/43027 (дата обращения: 12.10.2021). – Текст : электронный.

3. Цифровые следы в образовании. Конференция о влиянии цифровых следов на качество образования. URL: https://conf.lanbook.com/cso2021. (дата обращения: 12.10.2021). – Текст : электронный.

4. Цифровой след: новые задачи системы образования в эпоху данных. URL: https://www.rvc.ru/press-service/media-review/nti/157051/ (дата обращения: 12.10.2021). – Текст : электронный.

5. Будникова И.К., Приймак Е.В. Использование сервисов Moodle в оценке качества образовательного процесса // Вестник Технологического университета 2018. Т. 21. № 11. С. 123-126.

6. Приймак Е.В., Николаева Н.Г., Будникова И.К. Подготовка пециалистов по качеству: основные задачи и их реализация в компетентностной модели выпускника. // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2014. № 5. С. 160-167.

7. Голубцов Н.В., Нищёнков А.В., Фёдоров О.В.. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов. // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т.11. №3 (43). С.116 – 121.

8. Будникова И.К., Приймак Е.В. Интеграция электронного образовательного ресурса нового поколения в современное образование // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 8. С. 104-106.

УДК 78.25.01.11, 78.25.01.53

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ ИЗДЕЛИЙ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Егоров Юрий Андреевич, Халин Илья Александрович
ФГКОУ ВПО «Михайловская военная артиллерийская академия» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия
yurij.egorov.1984@mail.ru

Аннотация: Материал содержит результаты анализа мирового и отечественного опыта разработки и освоения сложных технических систем, технологий, применяемых для обучения специалистов, позволяющие выделить область оптимальных проектных решений при проектировании учебно-тренировочных средств [1].

Ключевые слова. Изделие военной техники, комплекс учебно-тренировочных средств, тренажёр.

ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS USED IN DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL AND TRAINING MEANS OF MILITARY EQUIPMENT PRODUCTS

Egorov Yuri Andreevich, Khalin Ilya Alexandrovich
Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Mikhailovskaya Military Artillery Academy» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia
yurij.egorov.1984@mail.ru

Abstract: The article contains the results of the analysis of the world and domestic experience in the development and development of complex technical systems, technologies used for training, allowing to highlight the area of optimal design solutions in the design of training facilities.

Keywords: missile system, the development of military technology, the system «manmachine», training facilities, the simulator.

В результате анализа освоения ракетных комплексов и реактивных систем залпового огня (РСЗО) крупного калибра Сухопутных войск (СВ), потребительских свойств учебно-тренировочных средств (УТС) установлено:

– деятельность операторов изделий военной техники (ИВТ) содержит алгоритмы, неправильное выполнение которых создаёт аварийные происшествия и аварии (класс А3) [2], срок освоения изделий ИВТ формально не ограничен [3], что способствует повышению трудоёмкости профессиональной подготовки специалистов;

– особенностями аппаратуры ИВТ является отсутствие возможности моделирования нештатных ситуаций и противодействия противника, объективного контроля действий обучаемых при выполнении учебных задач;

– при выполнении учебных задач подсистемы ИВТ отрабатывают штатный технологический цикл, который не имеет прямого отношения к формированию навыков управления объектом, способствуют неоправданному расходу ресурса систем и агрегатов;

– в номенклатуре разработанных УТС отсутствуют тренажёры для профессиональной подготовки операторов крановых установок транспортно-заряжающих машин, тренажеры технического обслуживания ИВТ, мобильные, встроенные, универсальные и адаптивные тренажеры [4];

– высокая стоимость разработанных тренажёров и системы их эксплуатации не позволяет осуществлять их поставку потребителям в требуемом количестве, ввод в эксплуатацию в требуемые сроки, что снижает экономический эффект от внедрения.

Указанные факторы обусловливают:

– тенденции снижения боеготовности воинских формирований, целевого и экономического эффектов от применения УТС, роста стоимости обучения специалистов, а также необходимость поиска и реализации оптимальных решений при проектировании УТС.

Задача достижения эффективной работы системы «человек-машина» (СЧМ) [5] решается за счёт повышения трудоёмкости профессиональной подготовки операторов. Реализация методов инженерно-психологического проектирования интерфейса СЧМ изделий ВТ, в ряде случаев, позволяет за счёт снижения сложности алгоритмов деятельности сократить срок освоения образца ВТ до такого порогового уровня, когда разработка дополнительных средств для тренировки специалистов становится экономически не целесообразна.

Реализация идеи «встроенный тренажёр» [4] позволяет поддерживать квалификацию операторов непосредственно на реальных объектах управления в местах их базирования. Штатные программно-аппаратные средства образца ВТ, в данном случае, включают подсистемы

моделирования технологических процессов и профессиональной подготовки операторов. Таким образом реализован режим «электронный пуск» в современных отечественных зенитных ракетных комплексах (ЗРК). Это позволяет имитировать реакции машины на действия оператора, не расходуя ресурс специальной части. В учебных режимах обеспечена возможность подачи электропитания на аппаратуру от внешних источников.

В качестве эффективного оптимизационного решения в технике широко применяется агрегатирование. На основе данного метода построены рабочие места операторов самоходных огневых установок (СОУ) ЗРК Бук-М2, БМ ЗРПК «Панцирь-С1», СОУ SPYDERSR, *Pegasus*, *Flycather* MK2, ADATS, PAC-3, SAMP/T, *Ironhawk* II и др. (вооружённых сил НАТО).

Использование унифицированных средств отображения информации, органов управления, периферийных устройств ЭВМ позволяет формировать пульты операторов различного назначения, отличающиеся высоким уровнем стандартизации, унификации и технологичности. В качестве примера можно привести, разработанный ЗАО «НПЦ «Аквамарин» унифицированный пультовой конструктив [6]. Унификация пультов управления изделий ВТ с близкими параметрами информационной модели управления позволит реализовать идею «универсальный тренажёр» [4], сократить номенклатуру УТС. Все изменения в тренажёрной базе в перспективе должны затрагивать исключительно программное обеспечение.

Интеграция комплексных тренажёров освоения изделий ВТ в тренажёрные комплексы требует значительных затрат ресурсов на организацию системы эксплуатации, площадей для размещения оборудования. Практический опыт эксплуатации тренажёров для освоения широкой номенклатуры ВТ позволяет утверждать, что большую часть дидактических целей обучения можно добиться, отказавшись от полного подобия интерьера, моторного и информационного поля интерфейса СЧМ. Значительный экономический эффект для формирования навыка действия операторов по алгоритму способна принести реализация идеи «компьютерный тренажёр» [4]. В качестве примера возможно рассмотреть тренажёрный комплекс «*BATSIM*» (ФРГ), предназначенный для привития и поддержания навыков группового взаимодействия экипажа танка в составе взвода. Достоинством реализованного технического облика является низкая стоимость решения дидактических задач, компактность, универсальность.

Из-за различного времени выполнения учебных задач на учебных местах и сроков освоения воинских специальностей основной дидактической проблемой при интеграции учебных мест является обеспечение равномерной дидактической нагрузки на обучающихся. Данная проблема может быть решена исключительно в результате проектирования учебных задач с учётом современного уровня науки и техники. В настоящее время программные средства тренажеров способны имитировать достаточно широкий диапазон факторов военно-профессиональной среды, в том числе взаимодействующие объекты, противодействие противника и т.п. При этом имеется возможность индивидуально регулировать учебную нагрузку, темповую напряжённость, а значит более эффективно использовать учебное время обучающихся. В качестве примера можно привести универсальный комплекс объективного контроля боеготовности и тренировки боевых расчётов подразделений радиотехнических войск – изделие «Тест» (разработчик НИИ «Центрпрограммсистем» г. Тверь).

Изделие «Тест» представляет собой тренажёрный комплекс для подготовки боевых расчетов семи типов радиолокационных станций. Имитаторы штатного оборудования изготовлены на базе унифицированных мониторов, на которых программным способом реализуется моторное и информационное поля имитируемых объектов. На основе анализа технического уровня существующих тренажёров можно сделать вывод: реализация принципа интеграции тренажёров целесообразна лишь для автоматизированного контроля профессиональной подготовки.

Современные специализированные видеоигры [7] ориентированы не только на психологическую подготовку обучающихся к действиям в нештатных ситуациях, но и способствуют повышению эффективности технической и специальной подготовки. В основу ряда тренажёров для технического обслуживания изделий ВТ положена технология игры *Quest*, которая позволяет пользователю в игровом режиме прививать навыки в производстве работ в объёме войскового ремонта, порядке и последовательности выполнения операций, подборе специального инструмента.

Профессиональная подготовка операторов крановых установок ТЗМ ракетных комплексов (РСЗО), в настоящее время, осуществляется с привлечением штатных образцов вооружения. При этом расходуются моторесурс агрегатов и ГСМ, высока вероятность вывода людей и техники из строя. В целях снижения стоимости и повышения безопасности

обучения операторов предлагается использовать существующий опыт разработки средств освоения крановых установок [8, 9]. Заслуживает внимания применение в тренажёре освоения ТЗМ [9] технологии 3D моделирования реальности (VR – технология). В данном случае применяется 3D монитор и специальные очки. Преимуществом тренажёров на основе VR-технологии являются низкие массо-габаритные показатели и эксплуатационные расходы, способность перестраиваться под новые условия.

В настоящее время ряд образцов вооружения имеют для освоения мобильные УТС на основе унифицированных изделий. Мобильные тренажеры не требуют для размещения специализированных помещений с заданными микроклиматическими параметрами, позволяют оперативно менять место дислокации, допускают эксплуатацию в различных метеорологических условиях.

Практическая реализация приведенных схемно-технических и конструктивных решений в интересах РВиА позволит сократить номенклатуру тренажёров освоения изделий ВТ и время на удовлетворение потребностей в них; повысить адаптивность системы УТС к изменениям в облике РВиА и экономическую эффективность обучения военных специалистов.

Рассмотренные направления развития УТС не требуют значительных ресурсов на реализацию, могут быть использованы при разработке УТС освоения образцов ВТ с аналогичными параметрами информационной модели управления объектом.

Источники

1. ГОСТ РВ 52534-2006. Средства учебно-тренировочные изделий военной техники. Термины и определения;

2. ГОСТ РВ 29.08.005-2000. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Алгоритмы деятельности операторов образцов вооружения и военной техники. Методы контроля эргономических требований;

3. ГОСТ В 20.57.107-78. КСКК ВТ. Группы эргономических показателей. Классификация, номенклатура и характеристики;

4. Щулипенко Д.Л., Рытов А.В., Козиков А.Ю., Ситников С.П., Войнаш А.В., Михеев А.Ю. К вопросу о создании межвидового центра боевой подготовки // Поволжской НПК «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом

комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве».: сб. матер. Казань, 2017. Том 1. 35 с.

5. ГОСТ 26387-84. Система «Человек-машина». Термины и определения;

6. А.Иванов, Р. Казачук, А.Прокопенко, В.Сысоев. Универсальный пультовой прибор управления на базе технических средств шин с PCI и VME// Разработки/судовое оборудование [Электронный ресурс]. URL: www.cta.ru;

7. Военные компьютерные игры в боевой подготовке вооруженных сил армий иностранных государств на современном этапе. [Электронный ресурс]. URL: www.cigr.ru;

8. Учебная техника и наглядные пособия от производителей. [Электронный ресурс]. URL:http://labstand.ru/catalog/krany;

9. Тренажер крановых операций. [Электронный ресурс]. URL:www.transas.ru.

УДК 78.25.01.11, 78.25.01.53

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ

Егоров Юрий Андреевич[1], Халин Илья Александрович[2]
ФГКОУ ВО «Михайловская военная артиллерийская академия» МО РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия
[1,2]*yurij.egorov.1984@mail.ru*

Аннотация: В результате проведенных исследований установлено, что противоречие между необходимостью повышения эффективности освоения изделий военной техники и отсутствием необходимых материально-технических условий, в ряде случаев, вызвано не только существующими экономическими ограничениями, но и несовершенством организации разработки средств освоения изделий военной техники.

Ключевые слова: Изделие военной техники, комплекс учебно-тренировочных средств, тренажёр.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS FOR DEVELOPING TEACHING AND TRAINING TOOLS SAMPLES OF WEAPON

Egorov Yuri Andreevich[1], Khalin Ilya Alexandrovich[2]
Federal State Educational Institution of Higher Education
«Mikhailovskaya Military Artillery Academy» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia
[1,2]*yurij.egorov.1984 @ mail.ru*

***Abstract**: As a result of the research, it has been established that the contradiction between the need to increase the efficiency of mastering military equipment and the lack of the necessary material and technical conditions, in some cases, is caused not only by the existing economic constraints, but also by the imperfection of the organization of the development of means for the development of military equipment.*

***Key words**: A product of military equipment, a set of training aids, a simulator.*

Под средствами освоения изделия военной техники (ИВТ) в статье понимается комплекс учебно-тренировочных средств (УТС) [1], включающий само ИВТ и тренажер его освоения. Указанные изделия вносят основной вклад в формирование навыков управления ИВТ и стоимость обучения специалистов. В настоящее время, отсутствует механизм оптимизации проектных решений при обосновании комплекса

УТС, что существенно оказывает влияние на конечную стоимость обучения специалистов [2].

В целях обоснования состава комплекса УТС и тренажера ИВТ, структурная схема которой представлена на рисунке.

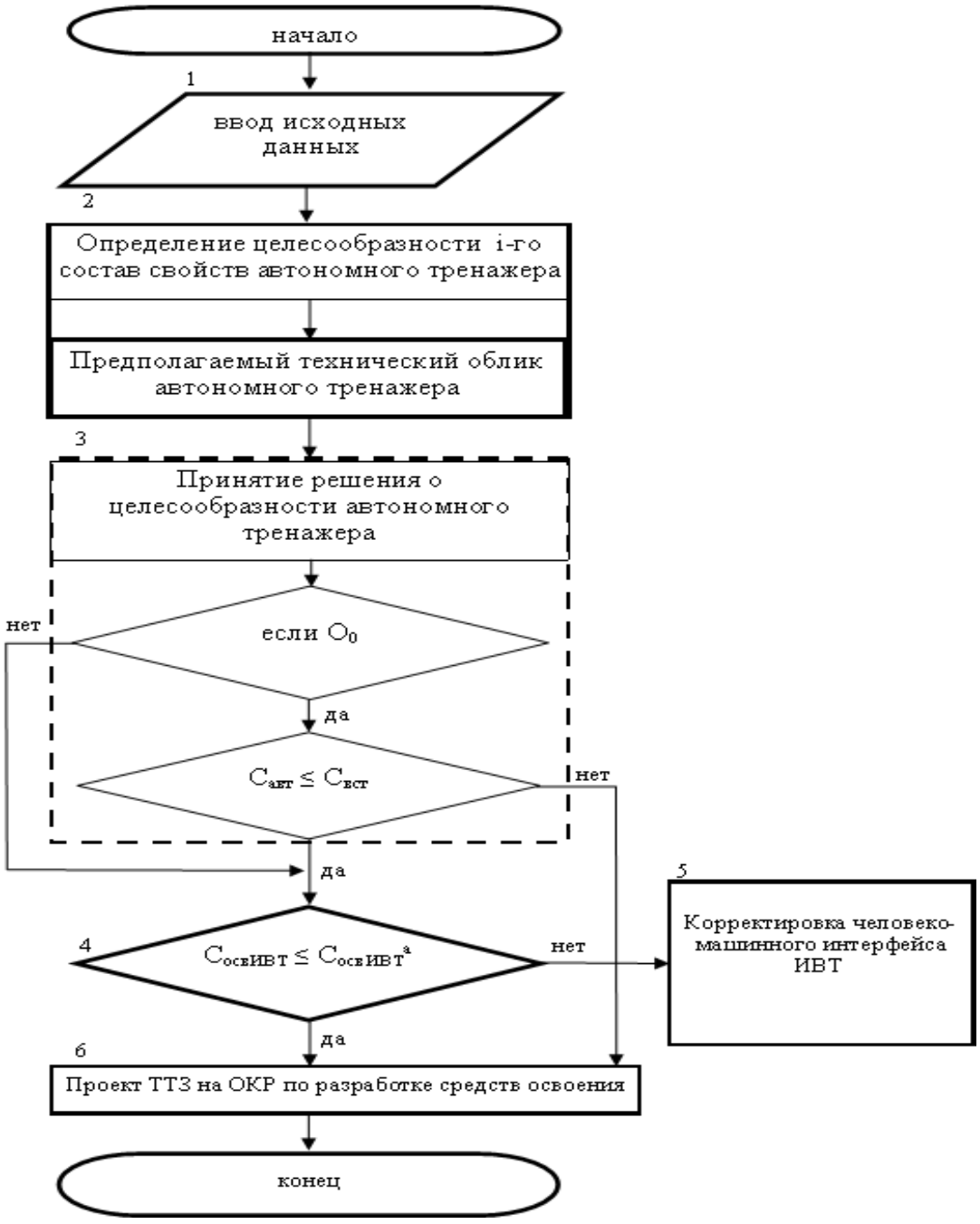
Исходными данными являются: предполагаемые ТТХ ИВТ; перечень свойств, характеризующих конструктивный облик комплекса средств освоения ИВТ; параметры человеко-машинного интерфейса; результаты профессиографических исследований, в которых отражен перечень профессионально важных качеств, характеризующих вид операторской деятельности рассматриваемого специалиста; специфика освоения ИВТ отражена в руководстве по боевой работе стартовой батареи на основе комплекта эксплуатационной документации; стоимость реализации этапов жизненного средств освоения изделий-аналогов рассматриваемого ИВТ; сведения о системе профессиональной подготовки.

В первом блоке обоснования комплекса средств освоения образца ракетного комплекса необходимо определить целесообразность *i*-го конструктивного свойства автономного тренажера ИВТ, предложенной в [3]. На втором этапе (во втором блоке) обоснования комплекса средств освоения образца ракетного комплекса необходимо оценить класс аварийности деятельности оператора (специалиста). Если деятельности оператора (специалиста) относится к классу опасности $О_0$, то управление передается третьему блоку. Если деятельности оператора относится к классу опасности $О_1$, то управление передается четвертому блоку[4].

В третьем блоке обоснования комплекса средств освоения образца ракетного комплекса необходимо сравнить затраты Савт на реализацию планов обучения специалистов с применением автономного тренажера [5]и затраты $С_{встр}$ на реализацию планов обучения специалистов на ИВТ с функцией «встроенный тренажер» [6]. Если $С_{авт} \leq С_{встр}$, то управление передается четвертому блоку. Если $С_{авт} > С_{встр}$, то в проект ТТЗ на ОКР вносится предложение о целесообразности разработки встроенного тренажера для освоения ИВТ.

В четвертом блоке обоснования комплекса средств освоения ИВТ необходимо сравнить затраты $С_{освИВТ}$ на реализацию планов обучения специалистов с применением автономного тренажера и затраты $С_{освИВТ}^{а}$ на реализацию планов обучения специалистов на тренажере-аналоге. Если $С_{освИВТ} \leq С_{освИВТ}^{а}$, то в проект ТТЗ на ОКР вносится предложение о целесообразности разработки автономного тренажера для освоения ИВТ с конструктивными свойствами, определенными в первом блоке. Если $С_{освИВТ} > С_{освИВТ}^{а}$, то вносится предложение о совершенствовании ЧМИ

ИВТ. В целях определения $С_{освИВТ}^{а}$ необходимо создать специализированную базу знаний.



Алгоритм методики обоснования средств освоения ИВТ

Разработанная методика реализует систему оценивания качества УТС на стадии «исследование и обоснование разработки»; позволяет управлять разработкой средств освоения ИВТ.

Источники

1. ГОСТ РВ 52534 - 2006 Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Эргономическое обеспечение. Основные положения. М: Стандартинформ, 2006. 1 с.

2. Халин А.Ф. Концепция развития комплекса УТС освоения ВВСТ// Международный научно-практический журнал Программные продукты и системы. 2018. №1, 177 с.

3. Щулипенко Д.Л., Рытов А.В., Козиков А.Ю., Ситников С.П., Войнаш А.В., Михеев А.Ю. К вопросу о создании межвидового центра боевой подготовки // Поволжской НПК «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве».: сб. матер. Казань, 2017. Том 1. 35 с.

4. Егоров Ю.А. Методика оценки человеко-машинного интерфейса изделия военной техники // Поволжской НПК «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве».: сб. матер. Казань, 2020. Том 1. 122-124 с.

5. ГОСТ РВ 0169-001–2010.Тренажёры изделий военной техники. Термины и определения. М: Стандартинформ, 2011. 2с.

6. ГОСТ 26387-84. Система «Человек-машина». Термины и определения. М: Стандартинформ, 2005. 3 с.

УДК 378

ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ

Завада Галина Владимировна[1], Ляукина Гульнара Альбертовна[2],
Реймер Мария Валерьевна[3],
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г.Казань, Россия
[3]ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Циолковского»,
г.Калуга, Россия
[1]g.zavada@mail.ru, [2]lgulnara@gmail.com, [3]m.castkina@mail.ru

Аннотация: В представленной статье авторы актуализируют проблемное поле мониторинга воспитательной деятельности в вузе. Отмечается в частности, что требует разнопланового изучения вопросы эффективности воспитательной деятельности на занятиях, критериев оценки деятельности куратора, а также проблема сопряженности уровней воспитательной работы и уровней мониторинга.

Ключевые слова: воспитательная деятельность, куратор, мониторинг воспитательной деятельности.

PROBLEMS OF MONITORING EDUCATIONAL ACTIVITIES AT THE UNIVERSITY

Zavada Galina Vladimirovna[1], Lyaukina Gulnara Albertovna[2],
Reimer Maria Valeryevna[3],
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[3]FGBOU VO «Kaluga State University named after K. Tsiolkovsky», Kaluga, Russia
[1]g.zavada@mail.ru, [2]lgulnara@gmail.com, [3]m.castkina@mail.ru

Abstract: *In the presented article, the authors actualize the problem field of monitoring educational activities at the university. It is noted in particular that it requires a diverse study of the effectiveness of educational activities in the classroom, criteria for evaluating the curator's activities, as well as the problem of the conjugacy of levels of educational work and monitoring levels.*

Keywords: *educational activity, curator, monitoring of educational activity.*

В 2020 году был принят Федеральный закон № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон „Об образовании в Российской Федерации“ по вопросам воспитания обучающихся». Согласно этому закону определена приоритетная цель современной системы высшего образования: воспитание гармонично развитой и социально ответственной

личности. Введение этого закона поставило на совершенной иной уровень проблему воспитательной деятельности в вузе. Закон повлек за собой некоторые изменения, как в реализации основных образовательных программ, так и во внеучебной воспитательной работе. В частности, было предписано включить в ОПОП разделы, связанные с воспитательной деятельностью, что требует переосмысления в компетентностном формате основных направлений воспитательной работы. Кроме этого, это включение актуализирует необходимость рассмотрения результативности, эффективности и, в целом, мониторинга воспитательной деятельности, как на уровне вуза, отдельной образовательной программы, так и на уровне преподавателя.

Мониторинг воспитательной деятельности в вузе – это «целенаправленно организованный и последовательно реализуемый процесс диагностики состояния осуществляемой воспитательной работы, позволяющий оценить ее качество и определить дальнейшую стратегию совершенствования и развития» [1, с.106]. Сложность этого процесса заключается в интегральности показателя оценки качества воспитательной работы и деятельности, в многомерности объектов оценивания.

Разработка системы мониторинга воспитательной работы в вузе требует целостного, системного подхода [2]. Вначале важно создать модель объекта оценки, некоторого «стандарта». К таким моделям можно отнести компетентностную модель выпускника, модель воспитательной деятельности, модель воспитывающей среды и т.п. Каждая из этих моделей задает необходимость выработки критериев оценки процесса и результата, а также проверки, подтверждения того, что эти критерии отражают реальное положение дел, например, реальный уровень воспитанности. Интересный опыт по диагностики воспитанности представлен в [3], где авторы отмечают, что на первом-втором курсе уровень воспитанности преимущественно находится на среднем уровне. Верифицируемость зависит от используемого в ходе мониторинга диагностического инструментария. При его отборе преимуществом обладает количественный метод оценки [4].

Следующий шаг – определение уровня системы мониторинга, его нормативное обеспечение и проектирование. К уровням отнесем: организационный, деятельностный, преподавательский и личностный (студенческий).

Анализируя преподавательский уровень в системе мониторинга, отметим, что воспитательные функции реализуются как на отдельных занятиях [5], так и в специализированной деятельности куратора. Можно

предложить некоторые комментарии к правилам составления отчетов кураторов и критериям присвоения рейтинговой оценки мероприятиям воспитательной деятельности:

– каждому в отчете мероприятию (с подтверждающими документами) присваивается рейтинг 1;

– если в мероприятии приняло участие более 15 студентов, к рейтингу мероприятия прибавляется 1, если 50 и более студентов, то к рейтингу мероприятия прибавляется 2;

– если включенное в отчет мероприятие имело особенное значение для КГЭУ, его рейтинг, по рекомендации дирекции или УВСР, может быть увеличен на 1 или 2;

– при неоднократном проведении – рейтинг мероприятия умножается на число проведения.

На основании подобного анализа работы куратора может выплачиваться ежемесячная выплата за выполнение функций куратора. Несомненно, данное предложение требует обсуждения и дополнения, как и другие проблемы, затронутые в представленной работе.

Источники

1. Дурманенко О.Л. Специфика мониторинга организации воспитательной работы в высшем учебном заведении // Вестник Академии знаний. 2013. №3 (6). С.106-110.

2. Борунова Е.Е. Мониторинг как основа построения воспитательной работы в современном ВУЗе // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 10 [Электронный ресурс]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2016/10/72363 (дата обращения: 20.10.2021).

3. Голошумова Г.С., Остякова Г.В., Ковязина И.В. Мониторинг воспитательного потенциала образовательной среды педагогического вуза // Мир науки, культуры, образования. 2021. №1 (86). С.71-74.

4. Лисовский В.Т. Воспитание студентов вузов Российской Федерации // Стратегия воспитания в образовательной системе России: подходы и проблемы Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Агентство «Издательский сервис», 2004. 480 с.

5. Бостанджиева Т.М. О роли современного учителя как медиатора образовательного процесса и общественно-государственной жизни. Актуальные проблемы психолого-педагогического образования: сборник материалов Всероссийской очно-заочной научно-практической конференции с международным участием. Сургут: РИО СурГПУ. 2018. С.96-103.

УДК: 377

К ВОПРОСУ О САМООРГАНИЗАЦИИ И САМООБРАЗОВАНИИ СТУДЕНТОВ В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Зялаева Резида Гулюсовна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г.Казань, Россия
dzidra11@mail.ru

Аннотация: Самоорганизация и самообразование студентов в междисциплинарной проектной деятельности обеспечивают достижение целевых результатов междисциплинарной проектной деятельности, где одним из ключевых этапов является формулирование межпредметной проблемы.

Ключевые слова: самоорганизация, самообразование, междисциплинарная проектная деятельность, межпредметная проблема.

TO THE QUESTION OF SELF-ORGANIZATION AND SELF-EDUCATION OF STUDENTS IN INTERDISCIPLINARY PROJECT ACTIVITY

Rezida Gulusovna Zyalaeva
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
dzidra11@mail.ru

Abstract: *Self-organization and self-education of students in interdisciplinary project activities ensure the achievement of the target results of interdisciplinary project activities, where one of the key stages is the formulation of an interdisciplinary problem.*

Keywords: *self-organization, self-education, interdisciplinary project activity, interdisciplinary problem.*

В условиях смены технологического уклада современной экономики, цифровизации всех сфер жизнедеятельности растет запрос общества на специалистов, обладающих креативным мышлением, способные реализовать свой творческий потенциал, осуществлять проектную деятельность на основе интеграции знаний в решении профессиональных задач. Данное обстоятельство определило приоритеты в подготовке будущего специалиста: формирование интегративного мышления, целостного представления о содержании будущей профессиональной деятельности, владение знаниями, умениями и навыками самоорганизации и самообразования в достижении целевых результатов самореализации в профессии, освоение новых сфер знаний, ключевых компетенций в смежных областях профессиональной деятельности.

В педагогике проблемы самоорганизации и самообразования личности имеют многоаспектный характер. В литературе самоорганизация определяется в разных концепциях:

– как деятельность (комплекс действий) – с позиций деятельностного подхода (Ю.К. Бабанский, М.М. Ведмедев, П.Г. Грудинский, Н.И. Нерастов О.Н.Логинова, С.Н. Михневич, Т.С. Подзорова, Б.А. Русаков и другие);

– как качество личности – с позиций личностно-ориентированного подхода (В.С. Безрукова, М.А. Воробьева,Т.Л. Губайдуллина, Т.А. Егорова, Л.Н. Засорина, А.В.Кирилова, Н.С. Копеина, Н.А. Новикова, Л.В. Фалеева и др.);

– как процесс – с позиций синергетического подхода (Г. Хакен, Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов и др.)

– как динамическая система – с позиций системного подхода (Ю. А. Данилов);

– как компетенция (универсальная, общекультурная и т.д.) – с позиций компетентностного подхода (ФГОС ВО разных поколений) [1].

Научную ценность для изучения понятия «самообразование» представляют труды таких педагогов, как Б. Ф. Райского, М. Н. Скаткина, А. К. Громцевой, А. Я. Айзенберга, Г. Н. Серикова, Ю. Е. Калугина. Наиболее полное определение самообразования было представлено А. Я. Айзенбергом, согласно которому самообразование – это «целенаправленная систематическая познавательная деятельность, управляемая самой личностью, служащая для совершенствования ее образования», это «непрерывное продолжение общего и профессионального образования, благодаря которому актуализируются и расширяются знания, восполняются пробелы в духовном развитии человека» [2].

Самоорганизация и самообразование личности как условие достижения качества образования актуализирует поиск педагогических форм, средств, методов и технологий самостоятельной работы студентов. В современной практике подготовки будущих специалистов в системе высшего образования получило свое развитие проектное обучение, ориентированное на междисциплинарное содержание. Проектирование в равной степени значимо для любой деятельности человека, присутствует во всех сферах его жизнедеятельности и в широком смысле есть деятельность по созданию нового, изменяющего окружающую его действительность (среду) и себя самого в ней, так как создание и реализация проекта (проектирование) – инструмент (средство)

обеспечения перехода потребности человека в мотив деятельности [3]. В междисциплинарной проектной деятельности студенты актуализируют творческий потенциал в решении межпредметных проблем, реализуются возможности выхода за пределы программы обучения, ресурсы творческой личности, в самостоятельном поисковом размышлении, в свободном усвоении избранной области знания [4]. Сама процедура постановки межпредметных проблем сложная задача требует владение навыками критического анализа информации, использования логических понятий и конструкций, выявления противоречий, межпредметных связей. Возможны три дидактических варианта перестройки учебного материала предметов на основе принципа проблемности при осуществлении межпредметных связей: тематический, проблемно-тематический, широкий проблемный.

Тематический подход – это использование межпредметных познавательных задач, проблемных вопросов, заданий для раскрытия ведущих идей и основных понятий учебной темы курса. При этом сохраняется заданная в программах логическая структура материала, в которой благодаря ретроспективности и перспективности межпредметным связям возникают новые компоненты знаний, новые их связи локального характера. Тематический подход обеспечивает органическое единство конкретного и абстрактного в усвоении знаний. При переходе от одной учебной темы к другой происходит развитие межпредметных связей и знания обучающихся приобретают всё большую степень обобщённости, глубины, мобильности, повышается их мировоззренческое значение.

Проблемно-тематический подход – это выдвижение общей межпредметной проблемы и её поэтапное решение. При проблемном подходе основной единицей учебного познания становятся учебная проблема с её логикой решения. Перестройка учебной мировоззренческой идеи, отражённой в межпредметной проблеме, охватывает почти все темы. Логика решения учебной проблемы требует широкого использования внутрипредметных связей, которые повышают уровень обобщённости предметных знаний и обеспечивают включение не только понятийных, но и теоретических, философских, идейных межпредметных связей.

Широкий проблемный подход – это выдвижение общей для ряда учебных предметов и тем межпредметной проблемы и её последовательное решение в индивидуальной или коллективной работе. Широкие межпредметные проблемы отражают общие для предметов учебно-познавательные задачи и требуют взаимодействия преподавателей по созданию междисциплинарной программы как дидактической системы, раскрывающую общую проблему. Процедура постановки межпредметной

проблемы включает: анализ пограничных (смежных) областей знания через проблемные вопросы на конкретном учебном материале; выявление противоречий на уровне понятийного аппарата, мировоззренческом, методологическом, организационно-технологическом, социально-экономическом и т.д.; выбор мировоззренческих идей, ориентирующих деятельность в межпредметной области знания; определение системы межпредметных понятий, раскрывающих содержание проблемы, установление взаимосвязей между ними; формулирование межпредметной проблемы на основе сопоставления выявленных несоответствий.

В заключении важно подчеркнуть необходимость проработки показателей и критериев качества постановки междисциплинарной проблемы, поскольку грамотная формулировка проблемы определяет эффективность проектной деятельности, учебного процесса, позволяет определить основные направления деятельности и выбор вариантов решения проблемы.

Источники

1. Триндюк Т.В., Кочетова Н.Г., Лысогорова Л.В. //Балканское научное обозрение, 2020, Т. 4, № 4 (10), с. 20-22.

2. Айзенберг А. Я. Педагогические проблемы самообразования //Советская педагогика, 1968, № 11, с. 51-61.

3. Зеер Э. Ф., Лебедева Е. В., Зиннатова М. В. Методологические основания реализации процессного и проектного подходов в профессиональном образовании // Образование и наука, 2016, № 7 (136), с. 40–56.

4. Зялаева Р.Г. Самоорганизация и самообразование студента в формате дистанционного обучения // Материалы VI Национальной науч.-практ. конф. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливноэнергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве, (Казань, 10–11 декабря 2020 г.): в 2 т./ редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2020, Т. 1, с.131-133.

5. Павлова В.А. Формирование навыков самоорганизации и самообразования студентов технических вузов // Человек и образование, №4 (29): М.: 2011, с. 115-117.

УДК 378

ОСНОВНЫЕ БАРЬЕРЫ В ОБУЧЕНИИ АСПИРАНТОВ КАЗАНСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Камалеева Лилия Сагитовна[1], МатушанскийГригорий Ушерович[2],
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]camaleeva2019@gmail.com, [2]grigmat@bk.r[2]

Аннотация: В статье приводятся результаты опроса аспирантов всех курсов и форм обучения Казанского государственного энергетического университета, проведенного в октябре 2021 года. По итогам опроса выявлены наиболее актуальные барьеры и трудности, с которыми сталкиваются аспиранты в процессе учебы и написания диссертации. Причиной для проведения опроса стал большой процент отсева аспирантов и определенные проблемы адаптации аспирантов первого года обучения.

Ключевые слова: адаптация аспирантов первого года обучения, барьеры в аспирантской подготовке, трудности обучения, результаты опроса.

THE MAIN BARRIERS IN THE TRAINING OF GRADUATE STUDENTS KAZAN POWER ENGINEERING UNIVERSITY

KamaleevaLilia Sagitovna[1], Matushansky Grigory Usherovich[2],
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]camaleeva2019@gmail.com , [2]grigmat@bk.ru

Annotation: *The article presents the results of a survey of graduate students of all courses and forms of study of Kazan State Energy University, conducted in October 2021. According to the results of the survey, the most relevant barriers and difficulties faced by graduate students in the process of studying and writing a dissertation were identified. The reason for the survey was a large dropout rate of graduate students and certain problems of adaptation of first-year graduate students.*

Keywords: *adaptation of first-year graduate students, barriers in postgraduate training, learning difficulties, survey results.*

Современная российская аспирантура находится под пристальным вниманием государства и ученых [см., например, 1,2].

В предыдущей статье мы показали важность темы скорейшей адаптации аспирантов первого года обучения, для того, чтобы аспирант как можно быстрее освоил необходимые навыки и включился в активную работу над своим диссертационным исследованием [3].

Аспирант должен быть психологически готов к высокому уровню познавательной активности, работе с большим количеством информации, а

также мыслить критически, творчески подходить к решению возникающих проблем [4]. Кроме того, ему необходимо преодолеть ряд барьеров [5].

Для того, чтобы выявить основные трудности, с которыми сталкиваются в процессе обучения аспиранты нашего вуза, был проведен опрос, для которого была разработана специальная анкета. В опросе приняли участие 68 аспирантов всех курсов и форм обучения. За основу опроса был взят перечень основных барьеров, выявленных в ходе исследования Матушанским Г.У. и его соавторами [5].

Предложенная анкета была анонимной, однако, для дальнейшего подробного анализа в нее были включены вопросы, касающиеся возраста, пола, предыдущего образования (направление, уровень, год окончания), указывались также гражданство, место работы, курс, направление и форма обучения в аспирантуре. Отметим, что наряду с гражданами России, в аспирантуре КГЭУ обучаются граждане Вьетнама, Сенегала, Сирии и Казахстана.

Предварительный анализ показал, что возраст аспирантов нашего вуза – от 23 до 54(!) лет. Год окончания вуза (получения базового образования для поступления в аспирантуру) – от 2000 до 2021.

Результаты опроса приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№ воп.	Барьеры (трудности)	Количество выборов	Процент от выборки
1.	Барьеры семейной жизни	9	13,2
2.	Болезнь	3	4,4
3.	Декретный отпуск	1	1,5
4.	**Финансовая необеспеченность**	**15**	**22**
5.	**Психологические барьеры адаптационного периода (неуверенность, страх, отсутствие необходимых навыков и т.д.)**	**17**	**25**
6.	**Совмещение учёбы с работой не по научной специальности**	**25**	**36,7**
7.	Языковой барьер	12	17,6
8.	Коммуникативный барьер (трудности в установлении контактов)	7	10,3
9.	Низкий уровень подготовки по базовой специальности	5	7,3
10.	Низкий уровень компетенций в области самообразовательной деятельности	11	16,1
11.	Отсутствие исследовательского задела	9	13,2
12.	Слабая экспериментальная база университета.	9	13,2

Таким образом, мы видим, что наибольшие трудности у аспирантов вызывают: совмещение учебы с работой не по специальности, психологические барьеры адаптационного периода и финансовая необеспеченность. Работа по анализу результатов опроса по курсам, форме обучения, возрасту и т.д. будет продолжена.

Источники

1. Котиева, Х. М. Проблемы аспирантуры и докторантуры в России / Х. М. Котиева. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2020. № 34 (324). С. 156-158.
2. Марголин А.М., Мельников Р.М. Пути повышения эффективности подготовки аспирантов // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. №12. С. 9–19.
3. Камалеева Л.С., Матушанский Г.У. Проблема адаптации аспирантов первого года обучения // Материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения-2021», том 3., с.304-307. Казань, 2021.
4. Соколова Д.В. К вопросу изучения адаптации первокурсников к условиям обучения в аспирантуре// Вестник современных исследований. 2018. №11.5 (26), с.199-201.
5. Матушанский Г.У., Завада Г.В., Матушанская Ю.Г. Барьеры в аспирантской подготовке и при защите кандидатской диссертации // Высшее образование в России. 2019. №8-9. С.55-56.

УДК 62.83

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Корунец Алина Александровна[1], Рассудов Лев Николаевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический университет» г. Москва, Россия
[1]KorunetsAA@mpei.ru, [2]RassudovLN@mpei.ru

Аннотация: внедрение современных образовательных технологий – один из важных факторов, определяющих конкурентоспособность учебного учреждения на рынке образовательных услуг. В связи с ростом спроса на дистанционное обучение, ускоренном том числе и ситуацией с пандемией, вопросы удаленного обучения студентов научно-технических специальностей, а также представителей реального сектора производства основам энергосбережения средствами электропривода становятся чрезвычайно актуальными. Работа посвящена созданию виртуального лабораторного стенда исследования энергосберегающего электропривода, во многом повторяющего функционал реального оборудования, установленного на кафедре Автоматизированного НИУ «МЭИ».

Ключевые слова: инженерное образование, энергосбережение, электропривод, цифровой двойник, дистанционные образовательные технологии.

VIRTUAL LABORATORY OF ENERGY SAVING ELECTRIC POWER DRIVE

Korunets Alina Aleksandrovna[1], Rassudov Lev Nikolaevich[2]
[1.2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
National Research University «Moscow Power Engineering University» Moscow, Russia
[1]KorunetsAA@mpei.ru, [2]RassudovLN@mpei.ru

Abstract: *the competitiveness of an educational institution at the corresponding services market is heavily dependent on the modern technologies being effectively introduced and implemented this way increasing the alumnus expertise. With the recent increase in demand on distance learning (accelerated with the current situation around pandemic) the means for studying and exploring the abilities of increasing energy efficiency by means of power electric drive systems in remote format are getting extremely relevant for both students as well as for employees of industrial enterprises. The work is devoted to development of a virtual laboratory of energy saving electric power drive which substantively repeats the functionality of the real equipment installed at the Department of Electric Drives of Moscow Power Engineering Institute.*

Keywords: *Engineering education, Industry applications, Energy efficiency, Electric motors, Distance learning, Digital twin*.

Внедрение современных образовательных технологий – один из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность учебного

учреждения на рынке образовательных услуг. Спрос на услуги, образовательные услуги, оказываемые в дистанционном формате, в значительной мере был подогрет ситуацией с пандемией. Вопросы удаленного обучения студентов научно-технических специальностей, а также представителей реального сектора производства основам энергосбережения средствами электропривода становятся чрезвычайно актуальными [1]. Дело в том, что электропривод потребляет значительно более половины всей вырабатываемой электроэнергии [2], а практическое обучение специалистов стало затруднительным, что затягивает переход на энергосберегающие технологий во всех отраслях народного хозяйства.

В этом контексте на кафедре Автоматизированного электропривода ведутся работы по переводу особенно востребованного оборудования лабораторного практикума для возможности осуществления удаленной работы – как в полностью виртуальном формате, так и в формате удаленного доступа к реальному оборудованию [3]. Необходимость работы с таким оборудованием подтверждается значительным участием компаний ABB, Schneider Electric, Siemens, МОЭК в оснащении лабораторий современным оборудованием для обучения как студентов, так и сотрудников промышленных предприятий.

Оборудование лаборатории энергосберегающего электропривода, используется при обучении студентов НИУ «МЭИ» широкого круга специальностей. Настоящая работа посвящена созданию виртуального лабораторного стенда исследования энергосберегающего электропривода [4]. Кроме практически полной имитации управления стендом и симуляции его работы в реальном времени с соответствующей визуализацией, каждый студент получает для исследования своё уникальное оборудование, что позволяет в некоторой степени повысить самостоятельность в выполнении заданий. Возможность работы с виртуальным стендом может использоваться и при подготовке к выполнению работ на реальном оборудовании. Внесение «проблем» в виртуальный стенд может использоваться для безопасного обучения решению задач диагностики [5].

В настоящий момент виртуальный лабораторный стенд исследования энергосберегающего электропривода уже используется для обучения студентов. В дальнейшем планируется расширить функционал и перенести его в веб-интерфейс для большего удобства работы с ним за счет кроссплатформенности и упрощения обслуживания, обновления, лицензирования (по подписке).

Источники

1. Rassudov L.N., Korunets A.A. COVID-19 Pandemic Challenges for Engineering Education. // 2020 XI International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS), Saint Petersburg, Russia. Oct. 4-7, 2020. DOI: 10.1109/ICEPDS47235. 2020.9249285.

2. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. // Учеб. пособие для вузов.2-е изд., перераб. и доп. Издательство МЭИ, 2003. 224 стр., ил. ISBN 5-7046-0874-4

3. Прохоров А., Лысачев М. Анализ, тренды, мировой опыт. // Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 стр., ил.

4. J. Wu, Y. Yang, X. Cheng, H. Zuo and Z. Cheng, The Development of Digital Twin Technology Review. // 2020 Chinese Automation Congress (CAC), 2020, pp. 4901-4906, doi: 10.1109/CAC51589.2020.9327756

5. Rassudov L., Akmurzin E., Korunets A. and Osipov D. Engineering Education and Cloud-Based Digital Twins for Electric Power Drive System Diagnostics. // 2021 28th International Workshop on Electric Drives: Improving Reliability of Electric Drives (IWED), 2021, pp. 1-3, DOI: 10.1109/IWED52055.2021.9376395.

УДК 378:621.311.2

МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ–ЭНЕРГЕТИКОВ К ПОЛУЧЕНИЮ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Куценко Светлана Мунавировна[1], Малацион Светлана Фиаловна[2],
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]s.koutsenko@mail.ru, [2] sveta_malacion@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются результаты исследования по выяснению мотивации студентов к получению высшего образования по энергетическим профилям в Казанском государственном энергетическом университете. Вывод статьи сводится к тому, что роль социального и карьерного лифта выпускника повысится, если вуз создаст студентам равные стартовые условия. Педагогическому сообществу следует искать причины того, почему высшее образование, отчасти, утрачивает позитивную роль социального лифта.

Ключевые слова: высшее образование, карьерный рост, социальный лифт, портфолио выпускника, анкетирование.

MOTIVATION OF ENERGY STUDENTS TO OBTAIN HIGHER EDUCATION

Kutsenko Svetlana Munavirovna[1], Malatsion Svetlana Fialovnf[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]s.koutsenko@mail.ru, [2]sveta_malacion@mail.ru

Abstract: *The article discusses the results of a study to clarify the motivation of students to obtain higher education in energy profiles at the Kazan State Energy University. The conclusion of the article is that the role of the social and career lift of a graduate will increase if the university creates equal starting conditions for students. The teaching community should look for reasons why higher education, in part, is losing the positive role of a social elevator.*

Key words: *higher education, career growth, social lift, graduate portfolio, questionnaire.*

Невозможно представить прогрессивное развитие современного общества без института высшего образования. Образование – не единственная сфера человеческой деятельности, обладающая функцией карьерного и социального роста, но высшее образование и профессиональный статус позволяют выпускнику претендовать на более высокое материальное вознаграждение и более высокое социальное положение, чем то, которое, возможно, занимают члены семьи. Более того,

доступность образования, гарантированная государством, делает его социальным лифтом для молодых людей из разных слоев общества. Так среди абитуриентов Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ) более 70 % составляют выпускники сельских районов Поволжья, а также Урала и Сибири, с разными социально-экономическими статусами, культурными ориентациями, ценностями, образом жизни и т.д.

Исследование по выяснению мотивации студентов к получению высшего образования по энергетическим профилям в КГЭУ проводилось с марта по июнь 2021 года в форме анонимного анкетирования студентов Казанского государственного энергетического университета. В опросе приняло участие 305 обучающихся. Результаты опроса были проанализированы с использованием методов математической статистики. Результаты исследования свидетельствуют о том, что все респонденты преследуют главную цель в жизни – «иметь высокооплачиваемую работу». Часть опрошенных студентов считают, что высшее образование: не сопутствует успешной карьере – 34 %, облегчает достижение жизненных целей – 76 %, является необходимостью для повышения социального статуса – 75 %, влияет на материальное благополучие человека – 37 %, доступно для всех слоев населения – 84 %, получение высшего образования определяется его атрибутивной значимостью (получение документа об образовании) – 45 %.

Выпускник хочет трудиться по полученной в вузе специальности, получая достойную зарплату. Однако, получение диплома не означает автоматического перемещения вверх по карьерной и социальной лестнице, и наличие высшего образования не гарантирует высокий доход.

Специфика карьерного роста выпускников КГЭУ заключается в том, что они должны пройти все ступени карьерной лестницы от рабочего до инженера. Некоторые выпускники остаются работать на предприятии в должности обходчика или мастера, поскольку в ходе трудовой деятельности не доказали, что обладают компетенциями, необходимыми для инженерной должности. Кроме того, в современном обществе еще не искоренен такой недостаток, как непотизм (кумовство) при найме на работу, предоставляемый родственникам или друзьям, вне зависимости от профессиональных достоинств. Поэтому не всегда существует прямая связь между учебными успехами студентов и их последующим трудоустройством. Карьерный и социальный лифт не работает, в частности, из-за существующей практики нормативно-душевого

финансирования вузов, т.к. последняя не дает вузу свободу в отчислении нерадивых студентов, понижает требования преподавателей к студентам, обесценивает достижения успешных студентов.

Доступность высшего образования имеет и негативную сторону – не все выпускники по разным причинам находят работу по специальности, которую они получили в университете, или начинают работать в отраслях, не требующих высшего образования.

Все перечисленные факторы могут привести к снижению мотивации студентов к получению высшего образования. Таким образом, роль высшего образования как института социальной мобильности, вопреки ожиданиям молодежи, снижается [1].

Социально активные и успешные студенты стараются получить второе высшее образование, чтобы быть гарантировано востребованными на рынке труда в условиях жесткой конкуренции.

Социальный лифт – средство в основном для индивидуального, но отнюдь, не массового перемещения по вертикали карьеры [2, 3]. Как правило, студент, который имеет активную жизненную позицию, сформированную ценностными установками семьи, налаживающий контакты с потенциальным работодателем во время производственной и преддипломной практики, активно участвующий в научной жизни, имеет больше шансов продвинуться по карьерной лестнице, получить престижную должность. Если бы работодатели выбирали потенциального работника по рейтингу, который тот занимал в информационной системе университета по балльно-рейтинговой системе и портфолио, отражающего вклад выпускника в научную, культурно-массовую и общественную жизнь вуза, то они имели бы реальный «портрет» претендента на занимаемую должность, резюме которого они рассматривают [4, 5].

Работа социального и карьерного лифта выпускника повысится, если вуз создаст студентам равные стартовые условия, отчисляя студентов, не выполняющих учебный план без оглядки на финансовые последствия для вуза. В вузе должны учиться дисциплинированные, ответственные студенты, ставящие перед собой высокие цели. Педагогическому сообществу следует искать причины того, почему высшее образование, отчасти, утрачивает позитивную роль социального лифта.

Источники

1. Бурлуцкая М.Г. Высшее образование как лифт социальной мобильности: ожидание выпускников и реалии современного общества //Социология образования. 2012. №9. С.87-96

2. Черных С.И. Социальные лифты в образовании: проблемы и решения //Высшее образование в России. 2018.Т.27. № 6.С.88-95.

3. Романова К.С. Социальные лифты, как средство социальной мобильности//Дискурс-ПИ.2015. №2. С.30-34.

4. Малацион С.Ф., Куценко С.М. Электронное портфолио как инструмент оценивания результатов обучения // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Сборник материалов III Поволжской научно-практической конференции. В 2-х томах. С. 283-287.

5. Куценко С.М., Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы как инструмент обучения // Вестник Казанского государственного университета. 2017. № 4(36). С.127-134.

УДК 378.147

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА «WOLFRAM MATHEMATICA» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Львова Татьяна Николаевна [1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]tn.lvova@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Аннотация: В статье демонстрируется применение пакета «*Wolfram Mathematica*» для построения статических характеристик асинхронного двигателя (АД). Интерактивная модель позволяет моделировать поведение АД в широком диапазоне параметров при различных режимах работы. Предлагаемая методика представляется полезным развитием интерактивных методов обучения при преподавании таких сложных технических вопросов как расчет параметров электроприводов.

Ключевые слова: статические характеристики, интерактивная модель, моделирование, интерактивные методы, асинхронный двигатель, расчет параметров электроприводов.

APPLICATION OF THE «WOLFRAM MATHEMATICA» PACKAGE TO STUDY THE CHARACTERISTICS OF THREE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTORS

Lvova Tatiana Nikolaevna[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]tn.lvova@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Abstract: *The article demonstrates the use of the Wolfram Mathematica package for constructing static characteristics of an asynchronous motor (AM). Interactive model, allows you simulate the behavior of AM in a wide range of parameters under different operating modes. The proposed methodology seems to be a useful development of interactive teaching methods when training such complex technical issues as calculating the parameters of electric drives.*

Keywords: *static characteristics, interactive model, modeling, interactive methods, asynchronous motor, calculation of electric drive parameters.*

Преподавание сложных инженерных дисциплин в условиях постоянно снижающегося уровня подготовки приступающих к обучению в технических вузах требует постоянного поиска новых методов представления предмета преподавания, содержащих больше элементов визуального и интерактивного контента и способствующих облегчению

усвоения студентами программы обучения [1]. В качестве примера таких методик для изучения ключевых элементов электроприводов демонстрируется интерактивная модель построения статических характеристик трехфазного асинхронного двигателя (АД), сформированная в среде *Wolfram Mathematica* [2]. Модель позволяет наглядно представлять поведение АД в широком диапазоне параметров и режимов.

Модель основана на классическом представлении асинхронного двигателя. Используются традиционные уравнения электрического равновесия и принятая схема замещения фазы [3–5]. Для получения выражений статических характеристик с помощью упрощенной схемы замещения используются известные формулы [3]:

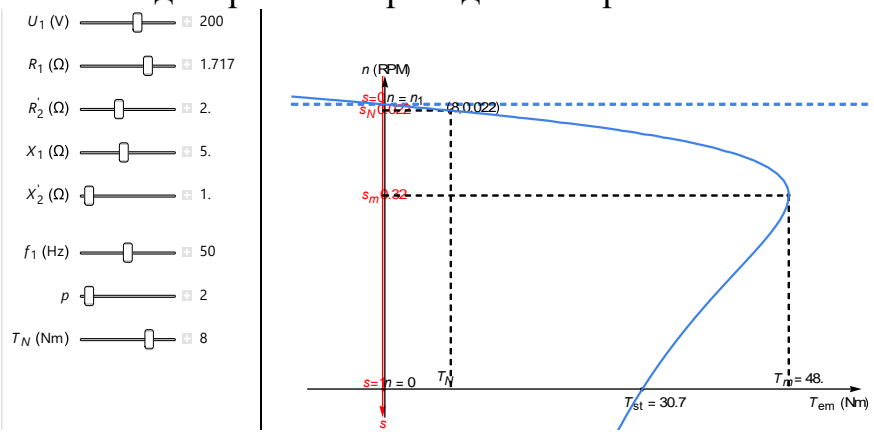
Синхронная угловая скорость АД (рад/с):

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p} \quad ; \qquad (1)$$

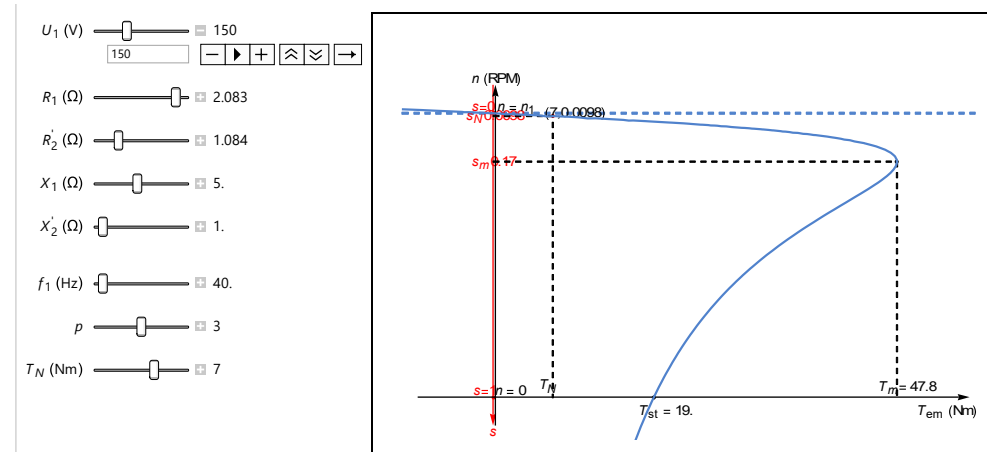
Электромагнитный крутящий момент (Н·м):

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_1} = \frac{m_1 I_2^{`2} \frac{R_2^{`}}{s}}{\frac{2\pi f_1}{p}} = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{R_2^{`}}{s}}{2\pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2^{`}}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2^{`})^2\right]} \quad ; \qquad (2)$$

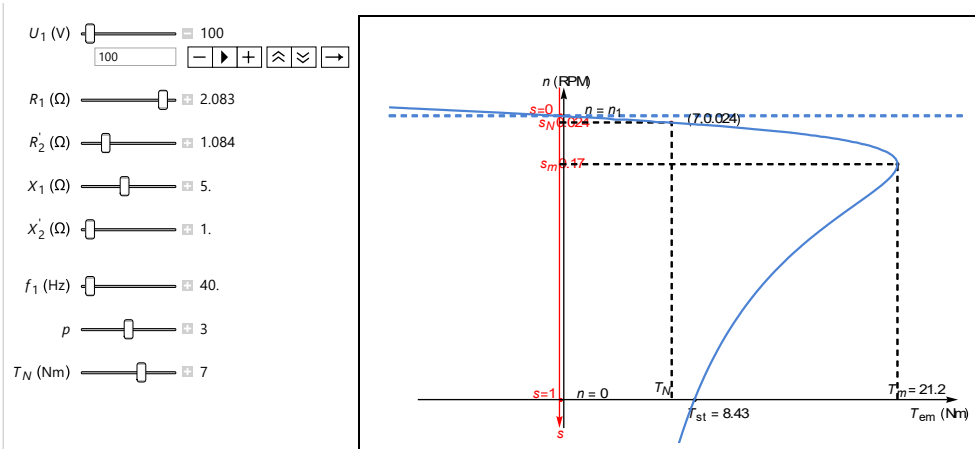
Результатом реализации модели является интерактивная панель, содержащая окно графического изображения характеристики АД (правое поле на рис. 1) и наборы интерактивных регуляторов соответствующих параметров (левое поле на рис. 1). Набор регуляторов дает возможность в интерактивном режиме формировать любые комбинации заданных параметров в определенных заранее пределах. Это позволяет отслеживать изменения характеристики АД в режиме реального времени. Примеры результатов моделирования приводятся на рис.1 и 2.



а

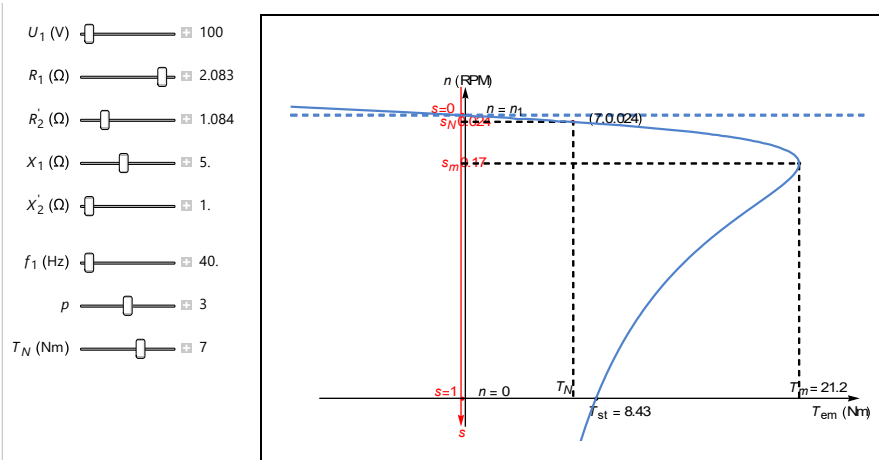


б



в

Рис. 1. Панель моделирования статической характеристики АД – зависимости частоты вращения от электромагнитного момента при изменении напряжения статора. а) U_1=200 В, б) U_1=150 В, в) U_1=100 В



а

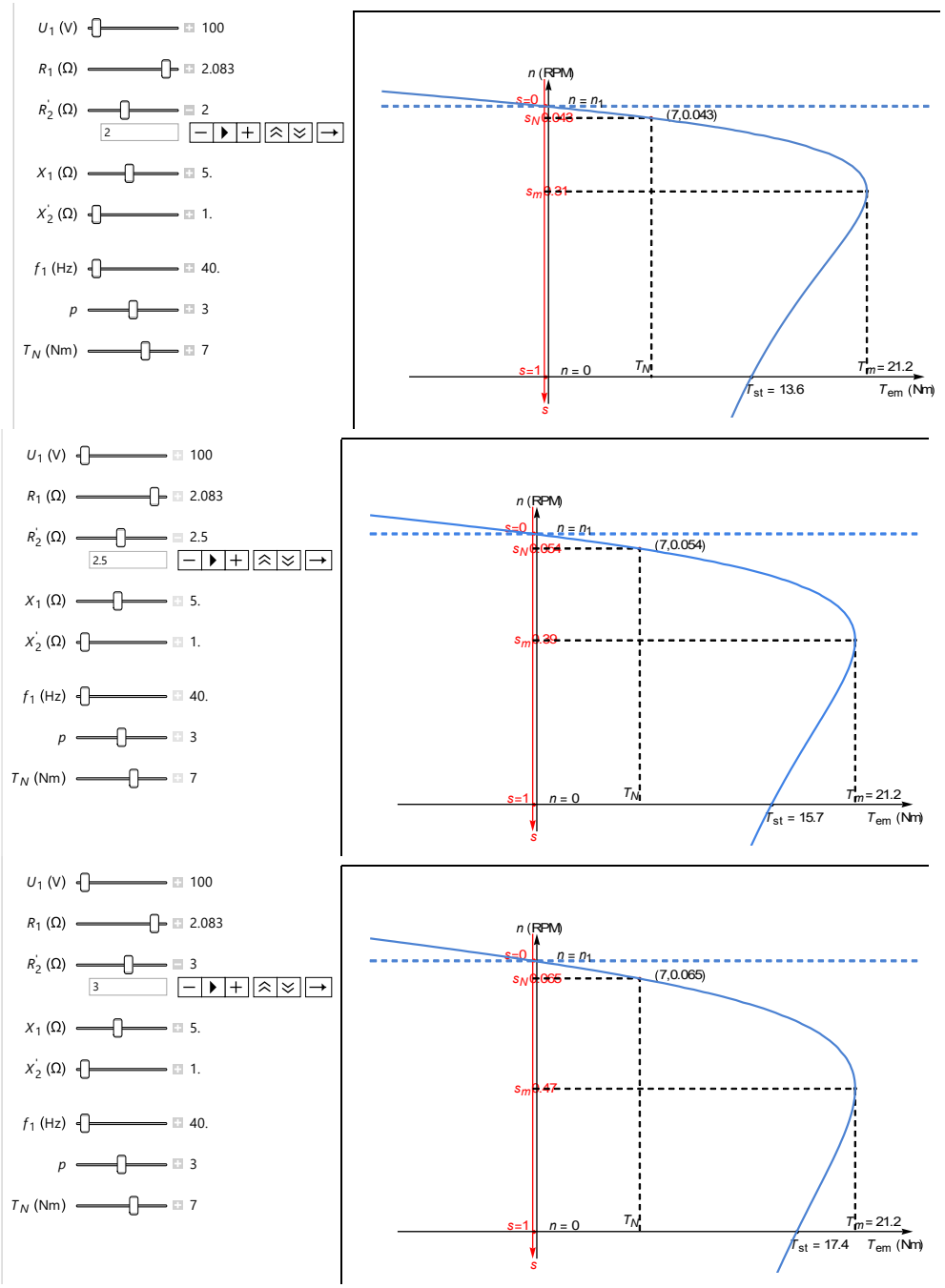


Рис. 2. Панель моделирования статической характеристики при изменении добавочного сопротивления ротора. а) R_2`= 1 Ом, б) 2 Ом, в) 2,5 Ом, г) 3 Ом

Для изучения регулирования скорости вращения АД изменением частоты подводимого к обмотке статора напряжения имеется возможность регулировать f_1 в заданном диапазоне. Кроме того, на панели моделирования предусмотрена возможность изменения числа пар полюсов.

Источники

1. Львова Т.Н., Кузнецов Б.В. Применение интерактивных методов обучения на примере дисциплины «Электропривод в современных технологиях» // Материалы V Национальная научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве». 2019. Т 1. С. 61-63.

2. Anping Zeng "Characteristics of Three-Phase Asynchronous Motors" [Электронный ресурс]_ http://demonstrations.wolfram.com/CharacteristicsOfThreePhaseAsynchronousMotors/_ Wolfram Demonstrations Project_ Published: July 9, 2015.

3. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. Учебное пособие для вузов 2-изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 224 с.

4. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебник для вузов 2-изд., перераб. и доп. –М.: Издательство МЭИ, 2001. – 704 С.

5. Chapman S.J. Electric Machinery Fundamentals, 4th ed., New York: McGraw\[Dash]Hill, 2005.

УДК 378.14

«ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК» СТУДЕНТА

Малацион Светлана Фиаловна[1], Куценко Светлана Мунавировна[2],
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]sveta_malacion@mail.ru, [2]s.koutsenko@mail.ru

Аннотация: В статье проанализирован процесс внедрения «цифрового двойника» студента в информационно-образовательную среду университета. Ставится вопрос о последствиях воплощения в жизнь методологии «цифровых двойников» студентов в образовании, которая в перспективе с развитием цифровой экономики позволит сформировать «цифровой двойник» гражданина.

Ключевые слова: цифровой двойник, электронная информационно-образовательная среда, оптимизация контроля качества обучения.

«DIGITAL DOUBLE» STUDENT

Malatsion Svetlana Fialovna[1], Kutsenko Svetlana Munavirovna[2]
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]sveta_malacion@mail.ru, [2]s.koutsenko@mail.ru

Abstract: *The article analyzes the process of introducing a "digital twin" of a student into the information and educational environment of the university. The question is raised about the consequences of the implementation of the methodology of "digital twins" of students in education, which, in the future, with the development of the digital economy, will make it possible to form a "digital twin" of a citizen.*

Key words: *digital twin, electronic information and educational environment, optimization of quality control of education.*

Сегодня с уверенностью можно сказать, что цифровая трансформация, кардинально меняющая жизнь современного общества, оказывает влияние на каждый его сегмент [1]. Среди наиболее актуальных и масштабных по последствиям изменений в образовании на первый план выходит сетевая образовательная реальность, которая включает в себя, цифровизацию и интеграцию мира реальных объектов и процессов и мира виртуально-цифровых данных, технологий и контента. Все большую популярность в образовательном процессе начинает приобретать технология цифрового двойника (ЦД) или *Digital Twins*. Понятие *Digital Twin*s (цифрового двойника) означает виртуальную модель физического объекта, которая используется параллельно с самим физическим объектом [2].

В Казанском государственном энергетическом университете (КГЭУ) наряду с контактной работой осуществляется взаимодействие профессорско-преподавательского состава и обучающихся в электронной информационно-образовательной среде. Студент имеет возможность через личный кабинет виртуально связаться с преподавателем, используя электронные образовательные ресурсы университета и систему *Moodle*, и получить оценку, выполнив задание либо пройдя тестирование [3].

Каждый студент КГЭУ имеет свой «цифровой двойник» в электронной информационно-образовательной среде университета. Цифровой двойник студента – это цифровая информация о персональных данных и действиях обучающегося. На первом курсе в цифровой системе КГЭУ имеются минимальные сведения о студенте. С течением времени его «цифровой портрет» обрастает все большими сведениями: о его академических достижениях или задолженностях, образовательной траектории, научной деятельности, предпочтениях в культурно-массовой жизни университета, поощрениях или дисциплинарных взысканиях. Конечно, цифровой двойник – это не реальный студент с его жизненными предпочтениями, психологическими проблемами и социальными связями с другими членами общества и семьей. Но, используя данную информацию, можно сформировать реальный портрет студента, прогнозировать его поведение в вузе и социуме, выстроить его рейтинг, готовить портфолио и резюме для будущего работодателя.

Например, студент, у которого по итогам промежуточной аттестации будут зафиксированы в электронной информационно-образовательной среде КГЭУ академические задолженности, пропуски занятий по неуважительной причине обратит на себя внимание работников дирекций, и к нему через информационную систему управления (ИСУ) КГЭУ в личный кабинет поступит предупреждение о мерах дисциплинарного взыскания. При подаче студентом заявления на заселение в общежитие через эту систему проверяется отсутствие у него проступков и академических задолженностей, а также наличие баллов за социальную активность. Исключается субъективное отношение к студенту, и все процедуры, связанные с учебной и внеучебной деятельностью студента, становятся прозрачными и объективными. Студенты, имеющие активную социальную позицию, имеющие хорошую успеваемость, принимающие участие в научной, спортивной и культурной жизни университета могут претендовать на получение повышенной стипендии, первоочередное заселение в общежитие и т.д. Данные об этом модератор дирекции получает из ИСУ КГЭУ.

«Цифровой двойник» студента является продуктом внедрения цифровизации в образовательный процесс КГЭУ. Это новая технология является инструментом достижения результата – воспитание и подготовка высококвалифицированных специалистов-энергетиков [4].

Процесс внедрения «цифрового двойника» студента имеет массу положительных моментов, основными из которых являются оптимизация контроля качества обучения (сокращение времени на контроль академических достижений обучающихся), ликвидация бумажных зачетных книжек, обходных листов, быстрота коммуникации, электронное фиксирование предупреждений об отчислении и других мерах дисциплинарного взыскания, внедрение цифровых пропусков с информацией о студентах и др.

Однако, можно выделить следующие недостатки.

Во-первых, исключается личный контакт и живое общение участников образовательного процесса. Особенно это проявляется при реализации дистанционного формата обучения, который все прочувствовали во время пандемии коронавируса.

Во-вторых, недостаток информации о студенте в информационно-образовательной среде университета может привести к искажению «цифрового портрета» обучающегося. В этом может быть вина как самого студента, так и преподавателя, например, преподаватель не указал пропуски студентом занятий в электронном журнале, вовремя не выставил баллы в балльно-рейтинговой ведомости или оценку в зачетно-экзаменационной ведомости, а студент, со своей стороны, не проконтролировал появление оценки после сданного экзамена или зачета в личном кабинете. Обучающийся также может внести неполные данные о себе или не дать согласие на использование своих персональных данных. Серьезной проблемой является сохранность персональных данных обучающихся и сотрудников от несогласованного проникновения в информационную систему университета.

Именно образование в условиях новой цифровой реальности станет проводником между быстро меняющейся и развивающейся сферой цифровых виртуальных объектов и процессов и сферой реальных физических объектов и технологий. Ключевая роль «цифровых двойников» в образовании – это интеграция в реальный мир виртуального мира за счет математического его описания [5].

Воплощение в жизнь методологии «цифровых двойников» студентов в образовании, в перспективе, с развитием цифровой экономики позволит сформировать «цифровой двойник» гражданина.

Источники

1. Кислова И.И., Роншина Е.С., Стегостенко Ю.Б. Цифровизация. Вызовы для образования // Проблемы высшего образования. 2018. № 1. С. 157-159.

2. Гаранин М.А. Влияние «цифровых двойников» на экономику общественного сектора // Креативная экономика. 2018. Том 12. № 11. С. 1733-1758.

3. Куценко С.М., Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы как инструмент обучения // Вестник Казанского государственного университета. 2017. № 4(36). С.127-134.

4. Куценко С.М., Малацион С.Ф. Готовность студентов к цифровому обучению. // Russian Journal of Education and Psychology. 2021. Т. 12. № 3-2. С. 61-65.

5. Вихман В.В., Ромм М.В. «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // Высшее образование в России. 2021. Т.30. №2. С.22-32.

УДК 377

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Натальсон Александр Валерьевич
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
alexnatalson@gmail.com

Аннотация. Представленная статья связана с изучением одного из вопросов актуализируемой на сегодняшний день темы, связанной с формированием рынка труда цифровой цивилизации. В современном мире прослеживается проблема формирования и развития цифровых компетенций у специалистов современного инженерного профиля. Таким образом, основной целью данной статьи является изучение вопроса, касающегося развития цифровых компетенций в инженерном образовании. В качестве литературы использовались научные материалы отечественного и зарубежного авторства.

Ключевые слова. Информационные технологии, цифровые компетенции, инженерное образование, инженер, рынок труда.

DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCIES IN ENGINEERING EDUCATION

Natalson Alexander Valerievich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
alexnatalson@gmail.com

Annotation: *The presented article is related to the study of one of the issues of the topic currently being updated, related to the formation of the digital civilization labor market. In the modern world, the problem of formation and development of digital competencies among specialists of modern engineering profile is traced. Thus, the main purpose of this article is to study the issue concerning the development of digital competencies in engineering education. Scientific materials of domestic and foreign authorship were used as literature.*

Keywords. *Information technologies, digital competencies, engineering education, engineer, labor market.*

Информационные технологии (ИТ), используемые на сегодняшний день практически всех профессиональных отраслях жизнедеятельности человека, позволяют колоссально повысить эффективность работы организаций, а также оптимизировать и рационализировать использование ресурсов предприятий. На основе средств информационных технологий производится организация систематизированных операций, посредством которых в автоматизированном порядке производится использования ресурсов пред-

приятия. В современном мире существует целое множество методов, классифицирующих информационные и цифровые технологии. Несмотря на всю свою распространенность термин «информация» имеет множество формулировок, не имея единого определения. Таким образом, посредством информационных технологий производится широкий спектр задач из области каждого отдельного предприятия [1].

Информационные и цифровые технологии включают в себя ряд производственных и программно-технологических средств, которые объединены в технологическую цепочку, посредством которой производятся такие процессы, как: сбор, хранение, обработка и вывод информационных потоков. Основная цель, которая закладывается при интеграции ИТ, заключается в снижении трудовых затрат при использовании и обработки информационных ресурсов. В информационных системах используются такие средства, как: компьютерные технологии; коммуникационные технологии и другие. Помимо этого, информационные технологии представляют предприятиям наиболее благоприятные условия его развития за счет скоростного и своевременного обмена информацией между подразделениями, а также высокой эффективности по ее обработке и использованию в целом [2].

Исходя из актуализируемой роли ИТ в современном мире, основной особенностью текущего этапа развития инженерного образования является непреодолимое увеличение влияния цифровизации, которая представляется новым трендом глобального прогресса, пришедшим на смену информатизации. Согласно исследованиям, проведенным на сегодняшний день из данной области, необходимо отметить, что в ближайшие годы ожидается глобальный процесс изменения требований к специалистам, а также колоссальная трансформация их профессиональной деятельности.

Возникшие в результате цифровой и технологической трансформаций экономические и технологические признаки обязывают к освоению будущими инженерами наиболее важных компетенции цифровой экономики, наличию индивидуального подхода в процессе обучения и обеспечению соответствующего уровня знаний инженерного образования. Чтобы будущая профессиональная деятельность инженера была успешной, необходимо развивать цифровые компетенции обучающихся, используя дидактический потенциал межпредметной интеграции, осуществляемой в процессе информационно-математической подготовки инженеров [3].

Развитие цифровых компетенций в инженерном образовании обязывает использование и освоение математических и информационно-коммуникационных технологий. В профессиональной подготовке инженера в условиях современной цифровой трансформации активно используется построение и исследование моделей технических объектов с расчетами технических устройств и разработкой инновационных технологий. Таким

образом, основные компетенции инженер получает при работе с вычислительной математикой и программировании, решая различные научные и практически задачи [4].

В развитии компетенций инженера особо важным параметром является представление технических объектов, и способность моделирования их функционирования в отдельных условиях, а также способность визуализации и расчета промежуточных и конечных результатов. Исходя из этого, в рамках информационных дисциплин необходимо уделять особое внимание на изучение соответствующего программного обеспечения и его функционала. Развитие цифровых компетенций будущих инженеров в процессе их информационно-математической подготовки осуществляется при выполнении междисциплинарных проектов в форме НИРС. Необходимо активное и комплексное изучение и решение примеров задач, а также предложение вариантов тем и заданий для НИРС студентов, учитывающих возможность взаимной интеграции дисциплин «Математика» и «Информатика» [5].

Таким образом, основной целью данной статьи являлось изучение вопроса развития цифровых компетенций в инженерном образовании. В заключение необходимо отметить, что учитывая текущий уровень существующих технологий обучения из данной области, необходима модернизация образовательного процесса с целью повышения качества развития цифровых компетенций в образовании инженера.

Источники

1. Моисеева Н.А., Полякова Т.А. Развитие цифровых компетенций будущих инженеров средствами информационно-математического моделирования // Концепт. 2021.

2. Черкасова Е.И., Журавлева М.В. Актуализация подготовки инженеров-технологов для цифровой экономики // КПЖ. 2020.

3. Galikhanov M.F., Barabanova S.V., Kaibiyainen A.A. The main trends of engineering education: five years of the international network conference «Synergy» // Higher education in Russia. 2021.

4. Тарасова В.Н., Ляпина С.Ю., Дегтярева В.В. Специалисты по инновациям как аналитики цифровой трансформации (на примере развития транспортных систем будущего) // Инновации. 2019.

5. Akhmetvalieva A.I., Zhuravleva M.V., Kotova N.V. Designing managerial training for masters of chemical technology // KPJ. 2020.

УДК 37.026.9

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА «*MATHCAD*»” ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Новичкова Ольга Евгеньевна[1], Судакова Анна Григорьевна[2],
Новичков Алексей Владимирович[3]
[1,2,3]ФГК ВОУ ВО «Михайловская военная артиллерийская академия», г. Санкт-Петербург, Россия
[1]olga_evg77@mail.ru, [2]5342903@mail.ru, [3]alex-nov77@yandex.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается использование программного пакета Mathcad при изучении математической статистики в техническом ВУЗе. Авторы обсуждают возможности и преимущества использования пакета *MathCad* при изучении математической статистики в техническом вузе. Отмечены достоинства применения пакета Mathcad на занятиях по математике.

Ключевые слова: метод, образовательные технологии, математическая статистика, пакет Mathcad.

ABOUT USING OF THE MATHCAD PACKAGE IN THE STUDY OF THE MATHEMATICAL STATISTICS IN THE TECHNICAL UNIVERSITY

Novichkova Olga Evgenievna, Sudakova Anna Grigorievna,
Novichkov Alexey Vladimirovich
FGK HEU VO « Mikhailovskaya Military Artillery Academy », St. Petersburg, Russia
olga_evg77@mail.ru, 5342903@mail.ru, alex-nov77@yandex.ru

Abstract: *this article discusses on the use of the MathCad package in the study of mathematical statistics in the technical university. The authors discuss the possibilities and advantages of using the MathCad package in the study of mathematical statistics at a military-technical university. The advantages of using the Mathcad package in math classes are noted.*

Keywords: *method, educational technologies, mathematical statistics, Mathcad package.*

В техническом вузе математика является базовой дисциплиной, которая входит в учебный план начальных курсов обучения. Полученные обучающимися математические знания должны стать основой для дальнейшего изучения профильных предметов. Все основные разделы математики изучаются, в основном, классическим методом, то есть на лекциях происходит изложение нового материала, на практических

занятиях – закрепление знаний и отработка навыков решения задач в тетрадях и у доски. Однако часть занятий по некоторым изучаемым разделам курса математики может быть с успехом проведена в компьютерном классе.

Современное техническое образование невозможно без свободного владения компьютерными технологиями. Будущий инженер должен обладать информационной культурой, уметь с помощью ЭВМ решать необходимые профессиональные задачи и проводить научные исследования. Для решения математических задач прикладного характера применяются интегрированные программные системы автоматизации математических расчетов. В частности, широкими возможностями обладает пакет *MathCad*, позволяющий реализовать основные стандартные функции вычислительной математики, производить символьные математические преобразования, строить графики различных видов. Использование *MathCad* позволяет обеспечить наглядность обучения, повысить его практическую значимость и эффективность применения полученных курсантами знаний.

Наиболее актуально использование компьютерных технологий в учебном процессе при изучении математической статистики. Занятия в компьютерном классе приобретают особую ценность, поскольку работа со статистическими данными зачастую связана с большим объемом рутинных расчетов. *MathCad* позволяет оперативно и качественно решать основные задачи математической статистики: обрабатывать статистические данные, производить расчет и оценку числовых характеристик, проверять статистические гипотезы, строить функциональные зависимости.

При различных измерениях часто возникает необходимость проведения наблюдений и измерений, целью которых является определение параметров, заранее неизвестных. Результаты этих наблюдений или измерений подвергаются соответствующей статистической обработке, основной задачей которой является определение законов распределения и числовых характеристик различных случайных величин. Методы обработки опытных данных вырабатываются на основе математической статистики. Установление закономерностей, которым подчинены массовые случайные явления, основано на изучении методами теории вероятностей статистических данных [4].

К моменту изучения теории вероятностей и математической статистики, обучающиеся уже имеют знания по основным разделам курса математики, владеют математическим аппаратом и имеют навыки работы с

MathCad. На занятиях обучающиеся учатся моделировать законы распределения и обрабатывать полученные статистические результаты. С помощью встроенных функций *MathCad* обучающиеся получают данные по пяти основным законам распределения случайных величин (нормальному, показательному, равномерной плотности, биномиальному, закону Пуассона), строят графики плотности (для непрерывных распределений) или вероятности (для дискретных распределений), а также графики статистической (накопленной) вероятности. Рассчитываются числовые характеристики случайных величин.

В силу большой практической значимости отдельно рассматривается точечное и интервальное оценивание математического ожидания и дисперсии для данных, собранных в разряды, в случае равноточных и неравноточных измерений. Эти величины можно найти по формулам, а границы доверительных интервалов, привлекая распределения Стъюдента, нормальное и «хи-квадрат», посчитать с помощью программного пакета MathCad [5].

Особо важной темой математической статистики является проверка гипотез. Для проверки гипотезы вводится специальный критерий, называемый статистикой. Рассчитываются критические значения статистик и строятся графики, иллюстрирующие возможность принятия нулевой гипотезы. Если опытное значение статистики попадает в критическую область, то нулевая гипотеза отвергается в силу малости доверия к ней в соответствии с заданным уровнем значимости.

По завершению изучения теории вероятностей и математической статистики обучающимся может быть предложена курсовая работа по теме «Применение методов математической статистики при обработке результатов математического моделирования в *MathCad*». Моделирование случайных величин используется для решения разнообразных задач технического характера.

В стандартное задание курсовой работы входит:

1) Моделирование случайных величин для пяти основных законов распределения (нормального, показательного, равномерной плотности, биномиального, закона Пуассона).

2) Построение гистограммы, полигона частот и графика накопленной вероятности для каждого закона.

3) Определение числовых характеристик всех промоделированных законов.

4) Проверка гипотез о виде закона распределения (для всех пяти законов).

5) Проверка гипотез о дисперсиях и о средних (для нормального закона).

6) Формулирование выводов по результатам выполненной работы.

Моделирование случайных величин происходит по заданным условиям на базе встроенных функций *MathCad.* Указываются количество данных и исходные значения вероятностных характеристик, соответствующие каждому закону. Результат моделирования представлен таблицей (рис 1.).

$x_1 := rnorm(100, 2, 1.5)$

$x_1 =$

	0
0	2.09
1	1.253
2	2.084
3	0.77
4	1.929
5	1.623
6	2.029
7	4.679
8	1.892
9	1.296
10	3.554
11	4.087
12	-0.2
13	3.932

Рис. 1. Моделирование статистических данных
с помощью встроенных функций MathCad

Для построения полигона частот, полигона вероятностей, статистической функции распределения необходимо собрать полученные данные в разряды. Для этого создаются четыре массива: массив разрядов, массив частот, массив вероятностей и массив накопленных вероятностей. По полученным массивам строятся графики: гистограмма, график накопленной вероятности и полигон частот.

Гистограмма представляет собой графическое оформление статистического распределения выборки для непрерывной случайной

величины. Все графики можно быстро построить с помощью *MathCad*, на них наглядно отражается распределение вероятностей (рис.2.).



Рис. 2. Графики распределения вероятностей, построенные с помощью *MathCad* на основе смоделированных данных

Числовые характеристики случайных величин можно рассчитать тремя способами: теоретическим способом (по формулам соответствующего закона распределения), с помощью встроенных функций программы и исходя из исходного массива статистических данных. Оценки математического ожидания и дисперсии рассчитываются с помощью операции векторизации. Обучающиеся могут самостоятельно убедиться, что значения числовых характеристик, полученных различными способами, достаточно близки.

Проверка гипотез происходит по следующему алгоритму:

1. Формулировка нулевой гипотезы и ее альтернативы.
2. Выбор статистики, с помощью которой будет проводиться проверка гипотез.
3. Назначение уровня значимости α и построение критической области.
4. Вычисление по опытным данным статистики и изображение ее на рисунке.
5. Если опытное значение статистики попадет в критическую область, то нулевая гипотеза отвергается в силу малости доверия к ней в соответствии с уровнем значимости α.
6. Если опытное значение статистики попадает в некритическую область, то нет основания для того, чтобы отвергнуть нулевую гипотезу с заданной вероятностью[1].

Важная задача работы – проверить, каким образом распределены опытные данные. Для всех законов распределения проверяется гипотеза о согласии эмпирического распределения с проверяемым законом. С помощью *MathCad* обучающиеся определяют границы интервалов, рассчитывают теоретические вероятности попадания в интервалы,

формируют массив теоретических частот. Основным результатом проверки гипотезы является расчет опытной статистики (суммарной невязки) и сравнение её значения с критическими при заданной доверительной вероятности. Статистикой проверки гипотезы о виде закона распределения является критерий Пирсона. Эта статистика определяет итог проверки: будет ли отвергнута нулевая гипотеза или нет.

С помощью встроенных функций *MathCad* вычисляются критические значения (квантили) для построения зоны принятия решений. Если полученное значение опытной статистики принадлежит зоне принятия решений, то нулевая гипотеза не отвергается с заданной вероятностью. Значит, эмпирическое распределение соответствует проверяемому закону.

Полученные результаты изображаются на графике. (Значение суммарной невязки изображено на рисунке 3 стрелочкой).

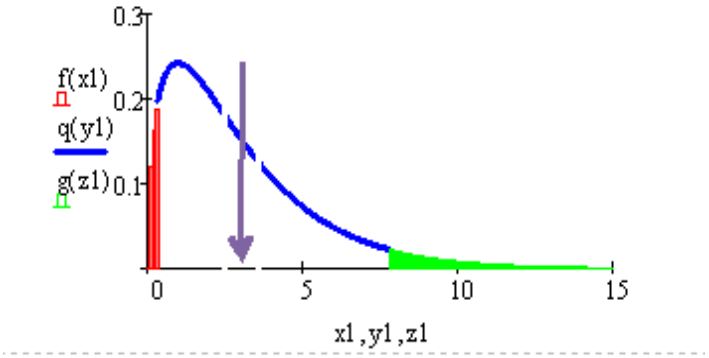


Рис. 3. График области принятия решения

На рис. 3 наглядно представлено попадание опытной статистики в «белую зону», что позволяет сделать вывод о том, что гипотеза о согласии опытного распределения с теоретическим не отвергается с заданной вероятностью. Если же опытное значение статистики попало в критическую область, то по правилам математической статистики, нулевая гипотеза должна быть отвергнута.

Для нормального закона предусмотрена также проверка гипотез о дисперсиях и о средних. Проверка гипотез о дисперсиях включает сравнение дисперсии, рассчитанной по опытным данным, с генеральной дисперсией и сравнение дисперсий, вычисленных разными способами. Проверка гипотез о средних включает сравнение среднего по выборке с генеральным математическим ожиданием и сравнение двух оценок математического ожидания.

Гипотезы о дисперсиях и о средних проверяются по похожей схеме. Для проверки гипотез о дисперсиях используются критерии Пирсона и

Фишера, а для проверки гипотез о средних – статистики Стьюдента Фишера). Задается уровень значимости α, вводятся квантили по значениям $\frac{\alpha}{2}$ и $1-\frac{\alpha}{2}$. Далее по опытным данным вычисляется статистика и изображается на рисунке. Рисунок наглядно показывает, попадает ли опытное значение статистики в критическую область или находится в зоне принятия нулевой гипотезы. Если опытное значение лежит между квантилями, то нет основания отвергнуть нулевую гипотезу. Графические иллюстрации результатов работы помогают в полной мере овладеть методами математической статистики и научиться проводить обработку опытных данных.

В ходе выполнения курсовой работы с помощью ЭВМ обучающиеся получают возможность осознать основное преимущество метода статистических испытаний – моделирование той или иной ситуации без непосредственного проведения опыта. Это особенно важно для технических специалистов, поскольку специфика деятельности не позволяет проводить большое количество экспериментов на практике. Использование компьютерных технологий позволяет проводить сложные расчеты без особых временных затрат, избавляет обучающихся от рутинных вычислений и в результате существенно повышает эффективность интеллектуального труда.

Источники

1. Беляева С.Д. Вероятность, статистика и случайные процессы в MathCad. Спб: МВАА, 2017.
2. Беляева С.Д. Сухомлин И.И. Основные понятия математической статистики. Спб: МВАА, 2010.
3. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М: Высшая школа, 2004.
4. Новичкова О.Е, Новичков А.В., Судакова А.Г. Статистические методы обработки результатов стрельбы. Руководство по выполнению курсовой работы. Спб: МВАА, 2021.
5. Беляева С.Д., Применение пакетов Excel и Mathcad при изучении математики. // Актуальные проблемы преподавания математических и естественно-научных дисциплин в образовательных организациях высшего образования. Кострома, ВАРХиБЗ, 2021.

УДК 37.026.9

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА MATHCAD ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ» В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Новичкова Ольга Евгеньевна[1], Судакова Анна Григорьевна[2],
Новичков Алексей Владимирович[3]
[1,2,3]ФГК ВОУ ВО «Михайловская военная артиллерийская академия»,
г. Санкт-Петербург, Россия
[1]olga_evg77@mail.ru, [2]5342903@mail.ru, [3]alex-nov77@yandex.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются специфические методы и образовательные технологии, которые можно применять на занятиях математикой при изучении темы «Операционное исчисление». Приведены примеры решения дифференциального уравнений, и систем дифференциальных уравнений операторным методом вручную, и с помощью средств пакета *Mathcad*. Отмечены достоинства применения пакета *Mathcad* на занятиях по математике.

Ключевые слова: метод, образовательные технологии, операторный метод, операционное исчисление, пакет *Mathcad*.

APPLICATION OF THE MATHCAD PACKAGE IN THE STUDY OF THE TOPIC «OPERATIONAL CALCULUS» IN THE TECHNICAL UNIVERSITY

Novichkova Olga Evgenievna [1], Sudakova Anna Grigorievna [2],
Novichkov Alexey Vladimirovich[3]
FGK HEU VO «Mikhailovskaya Military Artillery Academy», St. Petersburg, Russia
[1]olga_evg77@mail.ru, [2]5342903@mail.ru, [3]alex-nov77@yandex.ru

Abstract: *this article discusses specific methods and educational technologies that can be used in mathematics classes when studying the topic "Operational calculus". Examples of solving differential equations, and systems of differential equations by the operator method manually, and using the tools of the Mathcad package are given. The advantages of using the Mathcad package in math classes are noted.*

Keywords: *method, educational technologies, operator method, operational calculus, Mathcad package.*

Применение информационных технологий в военно-технических ВУЗах, и на занятиях математикой в том числе, достаточно перспективно, поскольку оно позволяет значительно повысить эффективность работ во всех видах образовательной деятельности, получить больший эффект от занятий по сравнению с традиционными технологиями обучения. Под технологиями обучения в данном случае понимается – совокупность

методов и средств, которые используются на занятиях и позволяют реализовывать поставленные учебные и воспитательные цели.

Как известно, одной из задач ЭВМ является автоматизация труда, и, как следствие, повышение эффективности научных исследований. Именно для увеличения эффективности потраченного на различные расчеты времени при выполнении научной работы и разрабатываются пакеты прикладных программ, рассчитанные на широкие круги специалистов. К подобным пакетам относится *Mathcad*.

Возможности *Mathcad* позволяют строить графики зависимостей, решать уравнения и системы уравнений, в том числе дифференциальные с постоянными коэффициентами, раскладывать дробно-рациональные функции на элементарные дроби, вычислять определенные интегралы, несобственные интегралы.

Благодаря пакету *Mathcad* можно провести как обычные расчеты, так и довольно сложные математические действия, минимизировать рутинную часть работы и повысить эффективность своего труда.

Кроме этого, в пакете *Mathcad* имеются символьные преобразования. К сожалению, используются они редко. Хотя *Mathcad* может помочь при расчетах некоторых преобразований (преобразование Фурье, преобразование Лапласа, Z-преобразование).

Если заниматься такими преобразованиями в ручную, без компьютера, то может потребоваться много времени, и, кроме того, необходимо умение интегрировать преобразуемые выражения, хотя, для преобразования Лапласа существуют специальные правила, но и их тоже надо знать и уметь применять, а это достаточно большой математический аппарат. Используя *Mathcad*, можно избавить себя от необходимости проделывать эти работы.

Операционное исчисление, основой которого служит преобразование Лапласа, является одним из важнейших разделов математического анализа. Операционное исчисление было разработано в конце прошлого века независимо друг от друга киевским математиком Ващенко-Захарченко (1862г) и английским инженером-электриком Хевисайдом (1894). Строгое обоснование операционного исчисления было сделано американским инженером Д. Карсоном (1922).

В частности, операционное исчисление применяется для решения обыкновенных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и систем таких уравнений.

Именно такими дифференциальными уравнениями описывается работа многих технических систем. Особенно эффективно применение метода в связи с тем, что действующие в технических системах вынуждающие силы часто носят импульсный характер, то есть приводят к дифференциальным уравнениям со сложными разрывными функциями в правой части, которые не всегда можно решить методами классического анализа.

Записывается преобразование Лапласа в виде математической формулы следующим образом:

$$F(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(t)dt$$

Применение *Mathcad* в преобразовании Лапласа.

Прямое преобразование Лапласа, то есть перевод оригинала в изображение выполняет оператор «*laplace*, t». Находится на панели *Symbolic*.

Например,

$$e^{-t}\ \text{laplas, t} \rightarrow \frac{1}{\text{s}+1}$$

Обратное преобразование Лапласа, позволяющее перейти от изображения функции к ее оригиналу, используется чаще, чем прямое, особенно в операционном исчислении при решении дифференциальных уравнений и их систем. Оно же является и более трудоемким. Для этого применяется команда «*invlaplace, s*», которая также находится на панели *Symbolic*.

$$\frac{1}{\text{s}-2}\ \text{invlaplas, s} \rightarrow e^{2t}$$

Как уже говорилось выше, операционное исчисление – мощный способ, позволяющий решать дифференциальные уравнения и системы дифференциальных уравнений операторным методом, в том числе и с помощью *Mathcad.*

Необходимый учебный и методический материал для проведения лекций и практических занятий в МВАА по темам «Операционное исчисление» собран в учебном пособии С.Д. Беляевой, О.Е. Новичковой, А.Г. Судаковой «Преобразование Лапласа с помощью «*MathCad*» [1].

Решение ДУ уравнений и их систем операторным методом

Пример 1.

$$\ddot{\text{y}} + \text{y} = \text{t}\cos 2\text{t}; \quad \text{y}(0) = 0; \ \dot{\text{y}}(0) = 0.$$

От оригиналов перейдем к изображениям:

$$\text{y(t)} \multimap \text{Y(p)}; \ \ \text{t}\cos 2\text{t} \multimap \frac{\text{p}^2 - 2^2}{(\text{p}^2 + 2^2)^2}.$$

Тогда в изображениях получим алгебраическое уравнение вместо дифференциального уравнения в оригиналах:

$$(\text{p}^2 + 1)\text{Y(p)} = \frac{\text{p}^2 - 2^2}{(\text{p}^2 + 2^2)^2}.$$

или

$$\text{Y(p)} = \frac{\text{p}^2 - 2^2}{(\text{p}^2 + 1)(\text{p}^2 + 2^2)^2}.$$

Разложим на простейшие правую часть изображения:

$$\frac{p^2-2^2}{(p^2+1)(p^2+2^2)^2}=\frac{a}{(p^2+1)}+\frac{b}{(p^2+4)}+\frac{c}{(p^2+4)^2}.$$

Запишем предварительные расчеты:

$$(p^2+4)^2=p^4+8p^2+16;$$
$$(p^2+1)(p^2+4)=p^4+5p^2+4;$$
$$a(p^4+8p^2+16)+b(p^4+5p^2+4)+c(p^2+1)=p^2-4.$$

$$\begin{cases} p^4:\ a+b=0; \\ p^2:\ 8a+5b+c=1; \\ p^0:\ 16a+4b+c=-4. \end{cases} \quad \begin{cases} a=-\frac{5}{9} \\ b=\frac{5}{9} \\ c=\frac{8}{3} \end{cases} \qquad \frac{1}{(p^2+4)^2}=-\frac{1}{8}\left[\frac{p^2-4}{(p^2+4)^2}-\frac{1}{(p^2+4)}\right]$$

$$Y(p)=-\frac{5}{9}\frac{1}{(p^2+1)}+\frac{5}{9}\frac{1}{(p^2+4)}+\frac{8}{3}\frac{1}{(p^2+4)^2}=$$
$$=-\frac{5}{9}\frac{1}{(p^2+1)}+\frac{5}{9}\frac{1}{(p^2+4)}+\frac{8}{3}\left(-\frac{1}{8}\right)\left[\frac{p^2-4}{(p^2+4)^2}-\frac{1}{(p^2+4)}\right].$$

$$y(t)=-\frac{5}{9}\sin t+\frac{5}{18}\sin 2t-\frac{1}{3}(t\cos 2t)+\frac{1}{6}\sin 2t=$$

$$=-\frac{5}{9}\sin t+\frac{8}{18}\sin 2t-\frac{1}{3}(t\cos 2t)=-\frac{5}{9}\sin t+\frac{4}{9}\sin 2t-\frac{1}{3}(t\cos 2t).$$

Решение с помощью *Mathcad*

$$\frac{p^2-4}{\left(p^2+1\right)\cdot\left(p^2+4\right)^2}\ \text{invlaplace}\ ,p\ \rightarrow \frac{4\cdot\sin(2\cdot t)}{9}-\frac{5\cdot\sin(t)}{9}-\frac{t\cdot\cos(2\cdot t)}{3}$$

Решение СЛДУ с постоянными коэффициентами классическим и операторным методом.

Дана система уравнений:

$$\begin{cases} \dot{y}+x+2y=0 \\ \dot{x}-x-y=e^t \end{cases} \quad x(0)=0;y(0)=0.$$

Способ 1. (классический)

$$x=Ae^{\lambda t};y=Be^{\lambda t}.$$
$$B\lambda+A+2B=0;\rightarrow A+B(\lambda+2)=0;$$
$$A\lambda-A-B=1;\rightarrow A(\lambda-1)-B=1.$$

Определитель системы уравнений равен

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & (\lambda+2) \\ (\lambda-1) & -1 \end{vmatrix} = 0 \to -1-(\lambda+2)(\lambda-1) = 0$$

$$-(\lambda^2+\lambda-1) = 0 \to \lambda_{1,2} = \frac{-1\pm\sqrt{5}}{2}.$$

$$x_{одн} = e^{-0,5t}(A_1\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + A_2\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t)\,; y_{одн} = e^{-0,5t}(B_1\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + B_2\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t).$$

Частное решение ищем в виде:

$$x_ч = Ce^t; y_ч = Be^t.$$

Подставляя в систему уравнений, получим:

$$B + A + 2B = 0; \to A + B(1+2) = 0;$$
$$A - A - B = 1; \to A(1-1) - B = 1$$

Откуда получаем:

$$B = -1;\ \ A = -3B = 3.$$

Таким образом, частное решение имеет вид:

$$x_ч = 3e^t; y_ч = -e^t.$$

Тогда общее решение системы дифференциальных уравнений будет иметь вид:

$$x_{общ} = e^{-0,5t}(A_1\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + A_2\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t) + 3e^t;$$
$$y_{общ} = e^{-0,5t}(B_1\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + B_2\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t) - e^t.$$

Определим постоянные интегрирования,
для чего составим производные:

$$\dot{x}_{общ} = -0,5e^{-0,5t}(A_1\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + A_2\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t) +$$
$$+e^{-0,5t}\frac{\sqrt{5}}{2}\left(-A_1\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t + A_2 ch\frac{\sqrt{5}}{2}t\right) + 3e^t;$$
$$\dot{y}_{общ} = -0,5e^{-0,5t}(B_1\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + B_2\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t) +$$
$$+e^{-0,5t}\frac{\sqrt{5}}{2}\left(-B_1\,sh\frac{\sqrt{5}}{2}t + B_2 ch\frac{\sqrt{5}}{2}t\right) - e^t;$$

Начальные условия – нулевые, поэтому получаем:

$$\begin{cases} 0 = A_1 + 3 \\ 0 = -0{,}5A_1 + A_2\dfrac{\sqrt{5}}{2} + 3 \\ 0 = B_1 - 1 \\ 0 = -0{,}5B_1 + B_2\dfrac{\sqrt{5}}{2} - 1 \end{cases} \quad \begin{cases} A_1 = -3 \\ A_2 = -\dfrac{7}{\sqrt{5}} \\ B_1 = 1 \\ B_2 = \dfrac{3}{\sqrt{5}} \end{cases}$$

Окончательно общее решение системы будет иметь вид:

$$x_{общ} = e^{-0{,}5t}(-3\,ch\frac{\sqrt{5}}{2}t - \frac{7}{\sqrt{5}}sh\frac{\sqrt{5}}{2}t) + 3e^t;$$

$$y_{общ} = e^{-0{,}5t}(\ ch\frac{\sqrt{5}}{2}t + \frac{3}{\sqrt{5}}sh\frac{\sqrt{5}}{2}t) - e^t.$$

Способ 2. Операторный метод

Дана система уравнений:

$$\begin{cases} \dot{y} + x + 2y = 0 \\ \dot{x} - x - y = e^t \end{cases} \quad x(0) = 0; y(0) = 0.$$

Переходим к изображениям:

$$c \longrightarrow X(p);\ \ y(t) \longrightarrow Y(p);$$

$$\dot{x}(t) \longrightarrow pX(p);\ \ \dot{y}(t) \longrightarrow pY(p);\ e^t \longrightarrow \frac{1}{p-1}.$$

В системе уравнений перейдем к изображениям:

$$pY(p) + X(p) + 2Y(p) = 0;$$
$$pX(p) - X(p) - Y(p) = \frac{1}{p-1}.$$

Составим определитель системы и выражения для изображений:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & (p+2) \\ (p-1) & -1 \end{vmatrix} = -(p^2 + p - 1);$$

$$X(p) = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} 0 & (p+2) \\ \dfrac{1}{p-1} & -1 \end{vmatrix} = -\frac{p+2}{(p-1)\Delta} = \frac{p+2}{(p-1)(p^2+p-1)}$$

$$= \frac{a}{(p-1)} + \frac{bp+c}{(p^2+p-1)};$$

$$Y(p) = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ p-1 & \dfrac{1}{p-1} \end{vmatrix} = \frac{1}{\Delta}\cdot\frac{1}{p-1} = -\frac{1}{(p-1)(p^2+p-1)}$$

$$= \frac{d}{(p-1)} + \frac{ep+f}{(p^2+p-1)}.$$

X(p)	Y(p)
p^2: $a + b = 0$	p^2: $c + e = 0$

$$p^1:\ a-b+c=1 \qquad p^1: d-e+f=0$$
$$p^0: -a-c=2 \qquad p^0: -d-f=1$$
$$a=3; b=-3; c=-5. \qquad d=-1; e=1; f=2.$$

$$X(p)=\frac{3}{(p-1)}-\frac{3p+5}{\left(p+\frac{1}{2})^2-\frac{5}{4}\right)}=\frac{3}{(p-1)}-\frac{3\left(p+\frac{1}{2}\right)+5-\frac{3}{2}}{\left(p+\frac{1}{2})^2-\frac{5}{4}\right)}.$$

$$x(t)=3e^t-3\,e^{-0,5t}ch\frac{\sqrt{5}}{2}t-\frac{7}{\sqrt{5}}e^{-0,5t}sh\frac{\sqrt{5}}{2}t.$$

$$Y(p)=\frac{-1}{(p-1)}-\frac{p+2}{(p^2+p-1)}=\frac{1}{(p-1)}-\frac{\left(p+\frac{1}{2}\right)+2-\frac{1}{2}}{\left(p+\frac{1}{2}\right)^2-\frac{5}{4}\right)}.$$

$$y(t)=-e^t+e^{-0,5t}ch\frac{\sqrt{5}}{2}t+\frac{3}{\sqrt{5}}e^{-0,5t}sh\frac{\sqrt{5}}{2}t.$$

В заключение можно сказать, что основным достоинством пакета *Mathcad* является его универсальность. Пакет *Mathcad* может быть использован для решения самых разнообразных математических, инженерных, экономических, статистических задач во многих областях науки.

Главное, надо помнить, что обучающиеся, решая конкретную задачу по готовому алгоритму в *Mathcad*, не понимая о чём она, и каков должен быть результат, и получив в ответе массу чисел и выражений, не будут знать, где ответ и правильный ли он. К сожалению, далеко не каждый понимает смысл того, что делает. Поэтому, первые занятия по данной теме должны быть проведены без участия компьютеров. А вот при решении дифференциальных уравнений и их систем пакет *Mathcad* может послужить необходимым подспорьем, чтобы не пришлось тратить время на рутинную работу. Таким образом, использование готовых программных продуктов, в том числе и пакета *Mathcad*, вполне возможно на занятиях математикой, но эффективно такое применение будет лишь при условии понимания задачи и знания принципа её решения.

Источники

1. Беляева С.Д. , Новичкова О.Е., Судакова А.Г. «Преобразование Лапласа с помощью *Mathcad*». СПб, МВАА, 2019.

2. Василевская Е.А. Профессиональная направленность обучения высшей математике студентов технических вузов: Дис.канд.пед.наук: 13.00.08, 13.00.02. Москва, РГБ, 2000. 221 с.

УДК 338.2

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИЙ АГЛОМЕРАЦИЙ

Селезнев Даниил Кириллович [1], Юсупова Ирина Валерьевна [2]
[1]ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
[2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», [2]Министерство экономики Республики Татарстан
г. Казань, Россия
bigbossutrinos229@gmail.com, selez2009.li@yandex.ru

Аннотация: активное формирование агломераций, их позиционирование в качестве «локомотивов роста» российской экономики диктует новые требования к системам государственного и муниципального управления, устанавливает новые критерии устойчивости систем расселения и размещения производительных сил. Очевидным и определяющим в процессах расселения представляется формирование агломераций, а также, несомненно, растет их значимость в современной экономике. Это делает агломерации одним из главных объектов политики пространственного регулирования в экономике. В Республике Татарстан в силу наличия Казанской, Альметьевской и Камской агломераций есть понимание важности агломерационного развития на основе концентрации финансовых ресурсов для решения проблем агломерации, а также укрепления логистических и хозяйственных связей с одновременной оптимизацией ареалов расселения.

Ключевые слова: модель, управление, агломерация, агломерационное развитие, развитие территорий, Республика Татарстан.

A MODEL FOR MANAGING THE DEVELOPMENT OF AGREEMENT TERRITORIES

Seleznev Daniil Kirillovich[1], Yusupova Irina Valerievna[2]
[1]FGBOU VO «Kazan (Volga Region) Federal University»,
[2] FSBEI HE «Kazan National Research Technological University»,
[2] Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia
bigbossutrinos229@gmail.com, selez2009.li@yandex.ru

Abstract: *the active formation of agglomerations, their positioning as "locomotives of growth" of the Russian economy dictates new requirements for public and municipal management systems, establishes new criteria for the stability of settlement systems and the placement of productive forces. The formation of agglomerations seems to be obvious and decisive in the settlement processes, and their importance in the modern economy is undoubtedly growing. This makes agglomerations one of the main objects of spatial regulation policy in the economy. In the Republic of Tatarstan, due to the presence of the Kazan, Almetyevsk and Kama agglomerations, there is an understanding of the importance of agglomeration development based on the concentration of financial resources to solve the*

problems of agglomeration, as well as strengthening logistical and economic ties with simultaneous optimization of settlement areas.

Keywords: *model, management, agglomeration, agglomeration development, territorial development, Republic of Tatarstan.*

2020 год ознаменован целым рядом важнейших событий, непосредственно затрагивающих местное самоуправление. В результате вступления в силу Закона Российской Федерации о поправке к Конституции Российской Федерации1 впервые на конституционном уровне закреплено положение о вхождении органов муниципальной власти в единую систему публичной власти [1, с.2; 2, с.1]. Согласно новым нормам Конституции органы государственной власти и органы местного самоуправления осуществляют взаимодействие для наиболее эффективного решения задач в интересах населения, проживающего на соответствующей территории.

Правовые основы межмуниципального сотрудничества установлены главой 9 Федерального закона от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (далее – Федеральный закон № 131-ФЗ), а также главами 5 и 27 Гражданского кодекса Российской Федерации (далее – ГКРФ). На основании норм законодательства можно выделить несколько форм межмуниципального сотрудничества.

Наиболее распространенной является ассоциативная форма. В ее рамках, как правило, реализуются такие предусмотренные законом формы взаимодействия, как советы муниципальных образований. На сегодняшний день они образованы во всех 85 регионах страны. Не менее важной является договорная форма сотрудничества,
которая находит применение в решении самых насущных и жизненно важных вопросов для жителей районов, городов и сел. Также необходимо выделить сотрудничество путем создания межмуниципальных организаций в хозяйственной сфере, а также некоммерческих организаций в форме автономных некоммерческих организаций и фондов.

По данным Минюста России учредителями муниципальных унитарных предприятий являются 4,5 тыс. муниципалитетов, около 6,2 тыс. – учредителями муниципальных учреждений [3, с.5].

Наименее распространенной формой сотрудничества являются межмуниципальные хозяйственные организации, в них участвуют всего лишь 264 муниципалитета. Вместе с тем, они решают самые разные задачи, чаще всего в области водоснабжения, сбора, вывоза и утилизации мусора и твердых бытовых отходов, транспортного обслуживания

населения и др. Кроме того, данная форма кооперации является одним из резервов экономии средств местных бюджетов. Во многом такая ситуация обусловлена наличием коллизий между нормами Федерального закона № 131-ФЗ и ГК РФ в части регламентации вопросов учреждения межмуниципальных хозяйственных обществ [4, с.4].

Перспективной формой межмуниципального сотрудничества может стать формирование городских агломераций, развитию которых уделено большое внимание в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г.17, а также в документах стратегического планирования ряда регионов и муниципальных образований [5, с.1].

Формирование агломераций на основе развития межмуниципального сотрудничества предполагает заключение публично-правовых соглашений заинтересованными в развитии агломерации муниципалитетами. В качестве примеров заключения подобных соглашений можно привести заключенные в 2019 году соглашения: о создании Казанской, Альметьевской и Камской агломераций. Они носят формальный характер и не содержат модели управления агломерацией.

Вместе с тем на сегодняшний день не до конца ясен правовой статус и порядок формирования агломераций.

В настоящее время имеется явная потребность в законодательном закреплении понятия «агломерация» и регулировании вопросов агломерационного развития. Отсутствие единообразного правового регулирования в данной сфере несет в себе значительные риски, прежде всего, для органов местного самоуправления и органов государственной власти субъектов Российской Федерации, предпринимающих попытки самостоятельного юридического оформления объективно складывающихся агломераций.

По мнению авторов, предполагаемая модель управления развитием территорий агломераций (далее – Модель) должна выстраиваться из трех основных блоков: организационная часть, нормативное-правовое обеспечение, финансовый механизм.

1. Организационная часть.

Основой организационной части Модели должен стать долгосрочный план социально-экономического развития агломерации, являющийся основным документом, синхронизирующим в пространстве и во времени мероприятия (проекты) социально-экономического развития территории.

Проект постановления Правительства Российской Федерации об утверждении порядка подготовки, реализации и мониторинга долгосрочных планов социально-экономического развития крупных и

крупнейших городских агломераций в настоящее время проходит процедуру согласования с федеральными органами исполнительной власти, по итогам которой направлен на утверждение в Правительство Российской Федерации.

2. Нормативное-правовое обеспечение.

В настоящее время правовое обеспечение межмуниципального сотрудничества, в том числе в целях развития территорий городских агломераций, осуществляется в рамках федеральных законов от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (далее соответственно – 184-ФЗ, 131-ФЗ).

Предлагается реализовывать Модель на основании действующей законодательной базы (184-ФЗ и 131-ФЗ) посредством расширения межмуниципального сотрудничества, предполагающего заключение соглашений заинтересованными в развитии городской агломерации муниципальными образованиями, или путем перераспределения законом субъекта Российской Федерации полномочий органов местного самоуправления соответствующего ряда заинтересованных в развитии агломерации муниципальных образований в сфере территориального планирования и обеспечения градостроительной деятельности, управления земельными ресурсами, системами транспортной и коммунальной инфраструктур.

В отношении агломераций межрегионального характера необходимо отметить, что с учетом статусов участников данного образования актуальность имеет заключение соглашений заинтересованными в развитии агломерации субъектами Российской Федерации с последующей детализацией участия соответствующих муниципалитетов в объеме, устанавливаемом регионами самостоятельно в целях реализации и обслуживания создаваемой межрегиональной агломерации.

В этом случае с учетом позиции Минюста России может потребоваться внесение изменений в 184-ФЗ для повышения эффективности развития межрегиональных агломераций.

3. Финансовый механизм.

В качестве основного финансового механизма предлагается использовать инструмент «инфраструктурного меню», а также механизм,

определенный постановлением Правительства Российской Федерации от 19 октября 2020 г. № 1704

«Об утверждении правил определения новых инвестиционных проектов, в целях реализации которых средства бюджета субъекта Российской Федерации, высвобождаемые в результате снижения объема погашения задолженности субъекта Российской Федерации перед Российской Федерацией по бюджетным кредитам, подлежат направлению на осуществление субъектом Российской Федерации бюджетных инвестиций в объекты инфраструктуры».

Указанный механизм позволит субъектам Российской Федерации осуществлять финансовое обеспечение реализации проектов (мероприятий), включенных в долгосрочные планы социально-экономического развития городских агломераций.

Источники

1. Строев П.В. Агломерации как локомотивы территориального развития // Управленческие науки в современном мире: сб. докл. науч. конф. / Финансов. ун-т при Правительстве Рос. Федерации. М., 2020. С. 681-685
2. Тимофеева Л. На подступах к агломерации: [Санкт-Петербург и Ленинградская область продолжают интегрироваться] // Санкт-Петербургские ведомости. 2020. 21 августа. С. 2
3. Тихий В.И., Корева О.В., Рзаева Д.В. Управление внутрирегиональной дифференциацией как инструмент повышения уровня социально-экономического развития региона / В.И. Тихий, // Региональная экономика: теория и практика. – 2020. - №3, Т.18. - С. 511-524
4. Трофимова Н.В. Развитие межмуниципального сотрудничества в Республике Башкортостан // Единство. Гражданственность. Патриотизм: сборник научных трудов к 100-летию Республики Башкортостан. - Уфа, 2019. С. 138-143
5. Трутаев А.В. Сущность межмуниципального сотрудничества // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. - № 3-2. С. 150-154
6. Устина Н.А. Организация межмуниципального взаимодействия в системе агломерационных процессов // Российская наука: актуальные исследования и разработки: сб. науч. ст. IX Всерос. науч.-практ. конф. Самара, 2020. С. 314-318

УДК. 328.18

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОГО МОДУЛЯ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ» ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКЕ АРТИЛЛЕРИИ *омсбр* К МИРОТВОРЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ (ДЕЙСТВИЯМ)

Силкин Андрей Александрович[1], Чичков Алексей Николаевич [2]
[1,2]ФГКОУ ВО «Михайловская военная артиллерийская академия» МО РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия
[1,2]kozikov78@mail.ru

Аннотация: в данной статье рассмотрены вопросы оптимизации часов на проведение предметов обучения и форм обучения в них в период боевого слаживания артиллерийских подразделений мотострелковой бригады на этапе непосредственной подготовки к выполнению задач в миротворческой операции (действиях).

Ключевые слова: боевая подготовка, модуль, предмет обучения, форма обучения, артиллерия мотострелковой бригады, боевые возможности, огневое поражение, боевая способность, боевая готовность.

METHODOLOGY FOR SUBSTANTIATING THE CONTENT OF THE TRAINING MODULE “SPECIAL TASKS” IN THE DIRECT PREPARATION OF ARTILLERY INFANTRY BRIGADE FOR A PEACEKEEPING OPERATION

Federal State Educational Institution of Higher Education
«Mikhailovskaya Military Artillery Academy» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia
Silkin Andrey Alexsandrovich [1], Chichkov Alexey Nikolaevich [2]
[1,2]kozikov78@mail.ru

Annotation: *this article discusses the issues of optimizing hours for conducting training subjects and forms of training in them during the combat coordination of artillery units of infantry brigade at the stage of direct preparation for tasks in a peacekeeping operation (actions).*

Keywords: *combat training, module, subject of training, form of training, artillery of infantry brigade, combat capabilities, fire damage, combat readiness.*

В соответствии с [5] подготовка и слаживание артиллерийских подразделений в составе миротворческого контингента войск следует проводить по программе боевой подготовки для артиллерийских подразделений. Программа, построенная на модульном принципе, содержит модули подготовки: «боевая готовность», «одиночная

подготовка», «оборона», «наступление», «марш», «специальные задачи», «подготовка бригады», «проверка войск». Содержание модулей, [4] требуемых для отработки воинской частью (соединением) в учебном году определяется решением командующего объединением.

В ходе непосредственной подготовки к выполнению задач в миротворческой операции следует уделять внимание основным предметам обучения, которые будут соответствовать задачам, решаемым в ходе проведения миротворческой операции.

Такими занятиями будут являться: тактическая подготовка, специальная подготовка, тренировки по стрельбе и управлению огнем, огневая подготовка, вождение боевых машин.

В силу того, что объем полученных знаний после проведения занятия (тренировки, учения) является величиной случайной и в значительной степени зависит от уровня вышеперечисленных факторов возникает задача в необходимости определения степени влияния каждого предмета обучения на подготовку и слаживание артиллерии *омсбр* и определение ранга (веса) на основе группового экспертного опроса. Групповая экспертная оценка [1] позволила определить ранг (вес) основных предметов, оказывающих значимое влияние на уровень подготовки слаженности артиллерии *омсбр*, что позволяет распределить время непосредственной подготовки артиллерии миротворческого контингента войск между предметами обучения, с учетом того, что на проведение модуля «специальные задачи» в [3] отводится 104 часа. Распределение представлено в таблице 1.

Таблица 1 − Ранги и веса предметов обучения, оказывающих значимое влияние на уровень подготовки и слаживания, время проведения занятий по предметам подготовки и слаживания артиллерии *омсбр.*

Обозначение	Наименование предмета обучения	Ранг	Вес	Время проведения
X1	Тактическая подготовка	0,89	0,33	34
X2	Специальная подготовка	1,71	0,20	20
X3	Стрельба и управление огнем	1,32	0,27	28
X4	Огневая подготовка	2,53	0,13	14
X5	Вождение	2,93	0,07	8

Получив время проведения каждого предмета обучения, возникает необходимость выбора вида занятия и распределение времени внутри предмета обучения для получения максимального высокого уровня подготовки и слаживания артиллерии *омсбр* за определенное время, но не

более того времени, которое определено на каждый вид занятий в [6]. Выбор вида занятия в интересах более качественной подготовки и слаживания артиллерийского подразделения в рассматриваемых условиях в [2] предлагается осуществлять на основе степени приближения условий обучения к обстановке реального боя. В интересах определения степени приближения условий обучения к обстановке реального боя применительно к артиллерийским подразделениям миротворческого контингента целесообразно боевую обстановку, в которой действует артиллерия представить в виде некоторой модели, включающей в себя физический, информационный и психологический компоненты. Сущность предлагаемого подхода к определению степени приближения условий обучения артиллерийского подразделения на этапе подготовки и слаживания подразделений к условиям реального боя заключается в сравнении различных форм обучения между собой с позиции их приближения к обстановке реального боя. Решение данной задачи осуществляется на основе показателя степени приближения принятой формы обучения артиллерийского формирования в составе миротворческого контингента к обстановке реального боя, имеющего вид

$$K_{cn} = \sum_{j=1}^{J} g_j K_{cnj}, \qquad (1)$$

где K_{cn} - коэффициент степени приближения обучения артиллерийского формирования по j-му компоненту (физический, информационный, психологический) модели боевой обстановки к обстановке реального боя;

g_j - вес j-го компонента (физический, информационный, психологический) в принятой форме обучения артиллерийского формирования.

Так как непосредственная подготовка ограничена временем проведения, выбор количественно-качественной совокупности форм обучения и их содержания на данном этапе подготовки артиллерийских подразделений целесообразно осуществлять по целевой функции вида

$$U_{cn} = \max\left\{\left[\sum_{i=1}^{n} K_{cni}\right]_j\right\}, \text{ при } t = const; \qquad (2)$$

где K_{cni} - коэффициент степени приближения i-той формы обучения при подготовке и слаживании артиллерийского подразделения к обстановке реального боя;

t - время, отведенное на подготовку и слаживание артиллерийского подразделения в составе миротворческого контингента в период непосредственной подготовки.

Оценку психологического компонента целесообразно рассматривать

как показатель, характеризующий уровень морально-психологического состояния на текущий момент времени, определяемый по методике [6]. Вследствие этого степень приближения по психологическому компоненту будет равна функции морально-психологического состояния личного состава, определенная на этапе непосредственной подготовки

$$K_{п} = f\left(U_{мпс}\right), \tag{3}$$

Формальная оценка форм обучения по степени их приближения к обстановке реального боя позволяет формировать как совокупность данных форм на этапе подготовки и слаживания артиллерийских формирований, так и их содержания с учетом временных и ресурсных ограничений. Степень приближения различных форм обучения к обстановке реального боя, с учетом того что уровень МПС личного состава $U_{мпс} = 0{,}55$, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Значение коэффициента степени приближения к условиям реального боя при среднем значении различных уровней готовности к выполнению задач по фактору морально-психологического состояния.

Формы обучения	$K_{сп}\ при U_{мпс}$ = 0,15	$K_{сп}\ при U_{мпс}$ =0,50	$K_{сп}\ при U_{мпс}$ =0,85
Тактическая подготовка			
ТСЗ без техники	0,27	0,34	0,41
ТСЗ с техникой	0,30	0,37	0,44
ТЗ без техники	0,29	0,36	0,43
ТЗ с техникой	0,32	0,39	0,46
ПЗ на допуск к БС	0,30	0,37	0,44
Одностороннее ТУ без БС	0,35	0,42	0,49
Одностороннее ТУ с БС	0,51	0,58	0,65
Двустороннее ТУ	0,41	0,48	0,55
Специальная подготовка			
Комплексное занятие	0,30	0,37	0,44
Стрельба и управление огнем			
Тренировка по С и УО на ВАП	0,17	0,24	0,31
Тренировка по С и УО без БС	0,34	0,41	0,48
Тренировка по С и УО с БС	0,50	0,57	0,64
Огневая подготовка			

Огневая тренировка	0,17	0,24	0,31
Выполнение УКС	0,26	0,33	0,40
Вождение боевых машин			
Вождение	0,21	0,28	0,35

Таким образом, на момент начала непосредственной подготовки с артиллерийскими подразделениями миротворческого контингента войск уровень боевого слаживания ($\delta W_{збс}$) этих подразделений будет различным. Так как уровень боевого слаживания оказывает значительное влияние на уровень морально-психологического состояния личного состава, а он в свою очередь на степень приближения к условиям реального боя форм и видов занятий, логично предположить, что с подразделениями, имеющими различный уровень боевого слаживания, часы, отведенные на проведение различных форм занятий в предметах боевой подготовки, будут отличаться, а значит появляется задача оптимизации форм занятий в предметах обучения модуля «специальные задачи».

Источники

1. Захаров Ю.К. Профессионально-должностная подготовка офицеров органов управления РВ и А в условиях функционирования сетевой информационно-обучающей среды: дис. канд. воен. наук : 20.01.06 / СПб., 2016. 209с.
2. Шлык Ю.Ф. Теоретические основы управления повседневной деятельностью войск: монография / М.: ВУНЦ СВ «ОВА ВС РФ», 2014. 113с.
3. Программа боевой подготовки подразделений Сухопутных войск. Книга 3. Для подразделений ракетных войск и артиллерии. Часть 2. Для артиллерийских подразделений, укомплектованных военнослужащими, проходящими военную службу по контракту. М.: Воениздат, 2017. 263с.
4. Наставление по боевой подготовке в Вооруженных силах Российской Федерации. М., 2013. 218с.
5. Наставление по подготовке и ведению миротворческих операций (действий). М., 2019. 324с.
6. Методика оценки морально-психологического состояния военнослужащих ВС РФ в мирное время. СПб.: МВАА, 2010. 30с.

УДК 304.2

ЭМПАТИЯ КАК УСЛОВИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИКУЛЬТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОДЕЖИ

Слесаренко Зарина Ринатовна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетичский университет»,
г. Казань, Россия
RZarina78@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена вопросам подготовки подрастающего поколения к жизни в условиях многонациональности и поликультурности. В ней говорится о необходимости уделить пристальное внимание проблемам воспитания детей и молодежи в духе эмпатии, толерантности, ненасилия и уважения к другим народам. В связи с этим главная задача поликультурного российского общества заключается в выработке новых путей цивилизационного развития.

Ключевые слова: поликультурое общество, поликультурное образование, эмпатия, толерантность, социокультурное пространство.

EMPATHY AS A CONDITION FOR THE EFFECTIVENESS OF MULTICULTURAL EDUCATION OF YOUNG PEOPLE

Zarina Rinatovna Slesarenko
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
RZarina78@mail.ru

Abstract: *The article is devoted to the preparation of the younger generation for life in conditions of multinational and multiculturalism. It speaks of the need to pay close attention to the problems of educating children and youth in the spirit of empathy, tolerance, non-violence and respect for other peoples. In this regard, the main task of the multicultural Russian society is to develop new ways of civilizational development.*

Keywords: *multicultural society, multicultural education, empathy, tolerance, sociocultural space.*

В последние время проблема подготовки подрастающего поколения к жизни в условиях многонациональности и поликультурности приобретает особую актуальность как в международных правительственных организациях, так и в социокультурных и педагогических движениях. Пристальное внимание уделяется проблемам воспитания детей и молодежи в духе эмпатии, толерантности, ненасилия, мира и уважения к другим народам. Поэтому главная задача поликультурного российского общества заключается в выработке новых путей цивилизационного развития.

Основная цель в этом случае направлена на решения образовательных и воспитательных проблем в различных областях страны; на культурно-этническую интеграцию и диалог, освоение социокультурного пространства России молодежью посредством языковых и культурно-образовательных программ и различных просветительских мероприятий и т.д. Особое внимание уделяется поликультурному образованию, направленному на сохранение и развитие норм, культурных ценностей, традиций и обычаев того или иного этноса [1, С.65].

В высших учебных заведениях поликультурное образование создает благоприятную социокультурную и психологическую среду, в которой каждый студент, независимо от своей идентичности, может реализовать свои конституционные права на получение образования [3, С.5], а также раскрыть свой творческий потенциал. Поэтому в процессе образовательной деятельности необходимо развивать навыки коммуникативных отношений, воспитывать положительное отношение к культурному окружению (людям другой культуры), способствовать проявлению эмпатического отношения к другому человеку. В противном случае, могут возникнуть такие опасные среди молодежи социокультурные явления как молодежный экстремизм (религиозная или национальная нетерпимость, шовинизм, расизм, ксенофобия и пр.).

Эмпатия – это способность понимать эмоционально-чувственный мир другого человека, а также передавать ему это понимание. Широкое распространение в научной литературе термин «эмпатия» приобретает в начале 50-х годов XX века. Э.Б. Титченер определил эмпатию как внутреннюю активность человека [4], а Т. Липпс в своей теории эстетического воспитания объяснил процесс понимания произведений искусства, объектов природы, а в более поздних работах – и самого человека [2, С.394]. В связи с обострением экологических, этнокультурных и образовательных проблем, утратой человеком межличностных и коммуникативных способностей возникает необходимость уделять пристальное внимание идеям эмпатии и эмпатийного отношения, а также толерантности, толерантного отношения к человеку другой культуры. Поскольку воспитание эмпатии и толерантности подрастающего поколения в многонациональной среде является одним из важных условий поликультурного образования.

Поликультурное образование дает возможность глубже изучить и осознать многообразие народов, населяющих наш мир, культурные различия, которые определяют принадлежность человека к тому или иному этносу, привить уважение к культуре другого народа. Важным

педагогическим условием процесса поликультурного обучения и воспитания студентов, с точки зрения автора, является наличие его учебно-методического обеспечения, а также внедрение в учебный процесс внеучебную деятельность студентов (участие в конкурсах, конференциях, олимпиадах, посещение выставок, кружков, организации и проведении традиционных национальных праздников и т.п.).

В Казанском государственном энергетической университете каждый год проводятся различные мероприятия: «День Первокурсника», «День студента», «Студенческая весна», где принимают участие отдельные исполнители и коллективы художественной самодеятельности, а также студенты всех институтов и факультетов университета по различным творческим и культурным направлениям. Кроме того, в КГЭУ ежегодно проводится международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения», на которой принимают участие студенты многих национальностей.

Таким образом, в процессе обучения и воспитания молодежи необходимо понимать, что мы живем в условиях многонациональной среды, поэтому у студентов должны быть общие представления и знания о многообразии культур в современном мире и на территории их проживания. Эмпатия как умение понимать и сопереживать эмоционально-чувственному состояния человеку другой культуры представляет собой необходимое условие эффективности поликультурного образования молодежи.

Источники

1. Кубякин Е.О. Особенности реализации качественной стратегии исследования поликультурного сообщества // Образование и религия в поликультурном сообществе: диалог и проблемы: сб. мат. международ. конф. (г. Ставрополь, 15–16 окт. 2009 г). Ставрополь: СевКавГТУ, 2009. С. 63-68.

2. Липпс Т. Руководство по психологии. СПб., 1907. С. 394.

3. Тимофеева Т.С. Реалии современного поликультурного образования // Вестник КГУКИ. Казань, 2005. № 2. С. 4-5.

4. Этчегоен Г. Эмпатия [Электронный ресурс] // Журнал практической психологии и психоанализа. 2003. № 1. Март. Режим доступа: http: // www.psyjournal.ru /psyjournal/authors/detail.php?ID=2586 (дата обращения 26.10.2021).

УДК 168.5

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ НАУК В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Федорова Жанна Викторовна,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
fedorova_zhanna_v@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются две составляющие научного знания – естественные и социально-гуманитарные науки, представляющие собой единую целостную систему познания мира. Показана связь философии и частных наук, объясняющая природные (физические) и социальные процессы и явления. Дан анализ основных аспектов современного образования России и перспектив его развития.

Ключевые слова: наука, философия, естественные науки, технические науки, взаимосвязь, развитие.

COOPERATION OF NATURAL SCIENCES AND SOCIAL AND HUMANITARIAN SCIENCES IN THE SISTEM OF EDUCATION

Fedorova Zhanna Viktorovna,
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
fedorova_zhanna_v@mail.ru

Abstract: *The article considers two components of scientific knowledge – natural and social and humanitarian sciences, which represent a single holistic system of knowledge of the world. The connection between philosophy and specific science is explained, which explains natural (physical) and social processes and phenomena. The analysis of the main aspects and goals of Russia's modern education and the prospects for its development is given.*

Keywords: *science, philosophy, engineering, interrelation, development.*

Современная наука, являясь сложной развивающейся системой, не дает окончательного ответа на вопрос о специфике взаимодействия естественнонаучных и социально-гуманитарных наук, а так же о перспективах их развития как самостоятельно, так и в тандеме. Ряд исследователей вообще утверждает идею несоответствия данных типов научного познания друг другу, другие – предсказывают превалирование социальных наук над естественными, третьи, наоборот, опровергают эту теорию и повышают статус последних.

От представителей социально-гуманитарного знания можно услышать, что только они могут осуществить полноценный анализ бытия и

реальности, в чем, по их мнению, и состоит элемент взаимодействия естествознания и обществознания [см.: 1]. Точное, конкретное, эмпирическое мышление, которое свойственно естественным наукам и образная, эстетическая, аксиологическая парадигма, характерная гуманитарному знанию – данная дихотомия создает цельный образ, показывающий неразрывную связь между двумя полями осмысления мира: естественнонаучным подходом и социокультурной моделью.

Издавна сложилось понимание, что и естественные, и гуманитарные имеют одинаковое направление развития – изучение законов и процессов природы, сущности и развития человека. При этом представители античной философии считали, что философия как наука обобщающего характера является самой высокой ступенью познания бытия, или «наукой наук». По мере развития homo sapiens произошел качественный и количественный рост специальных наук, что способствовало частичной утрате философией интегрирующего значения.

В эпоху Возрождения наблюдался «разрыв» между естественным и гуманитарным типами познания мира. От философии отделились и стали самостоятельными науками физика и механика. Развивающаяся довольно быстрыми темпами дисциплинарно организованная (естественная) наука оказывала сильное воздействие на философию в ее оставшемся гуманитарном воплощении. Но философия все же смогла сохранить высокий статус, обозначив свое обобщающую роль и фундаментальный характер: «опираясь на всю совокупность частных наук, [философия] обобщает их в единой научной картине мира, которая обладает большой информационной емкостью» [2, с.192].

Взаимосвязь естественных и гуманитарных наук укрепилась в эпоху Нового времени и сохранилась в современных условиях. В XX веке появилась особая отрасль философии – философия науки, предметом изучения которой стали философско-методологические аспекты развития естествознания и технознания, их обусловленность социокультурной средой, взаимосвязь с социально-гуманитарными науками.

Взаимодействие естественных, технических и социально-гуманитарных наук определяется несколькими аспектами. Во-первых, это социально-гуманитарный анализ технических наук; во-вторых, – применение диалектических законов и принципов для более глубокого изучения техносферы; в-третьих, – восприятие социально-гуманитарными науками результатов естественнонаучного познания [см.: 3,4]. В свою очередь, гуманитарное знание также получает от естествознания материал для осмысления собственных результатов и обоснования суждений.

Именно таким образом осуществляется процесс преодоления разрыва между двумя типами культуры и мышления: социально-гуманитарное знание совершенствуется и развивается в процессе анализа теоретических выводов конкретных наук, которые, в свою очередь, получают более широкие возможности для развития в результате аксиологической и мировоззренческой интерпретации своих результатов.

В Российской Федерации функционирует «Закон об образовании» (273-ФЗ от 29.12.2012, с изм. и доп. от 2.07.21) – это основной государственный документ, который устанавливает стратегию и основные направления развития российского образования. Главной его целью является устойчивое развитие общества, в том числе зависящее от качества образования граждан и умения применять эти знания в повседневной и профессиональной деятельности. Так констатируется связь науки и образования. Именно с помощью образования накапливаются и воспроизводятся научные знания, культурные ценности и этические нормы. При формировании цели и задач образовательного процесса за основу должны приниматься идеи о развитии мира как единого целого, человека как элемента взаимодействия общества и природы, о доброте, о толерантности, о бережном отношении к культурно-историческому наследию. Качественное образование определяется корреляцией социально-гуманитарных, технических и естественнонаучных знаний.

В этом ключе предполагается, что образование должно иметь экологический и гуманитарный характер. Как писал В.И. Вернадский, это «определенное отношение к окружающему нас миру явлений, при котором каждое явление входит в рамки научного изучения и находит объяснение, не противоречащее основным принципам научного искания» [5,с.202]. Данные идеи обуславливают взаимодействие естественных наук и других – точных, технических, социальных, гуманитарных, экономических – отраслей научного знания. Технические же науки вообще должны строиться на идеях гуманизации и тотальной ответственности (в том числе этической, экологической, юридической, аксиологической, антропной).

Современная наука характеризуется интегративным процессом, который требует модернизации образовательных учреждений в целом (учебные планы, программы, нормы и стандарты). Необходимо включение инновационных технологий в образовательные программы, что, по сути, требует создания новой государственной образовательной политики.

Источники

1. Гольдфейн М.Д. Реализация междисциплинарного принципа в экологическом образовании студентов гуманитарных специальностей // Педагогический менеджмент и прогрессивные технологии в образовании. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. Пенза, 2012.

2. Федорова Ж.В., Косарев А.П. Мировоззрение и философия: проблема взаимодействия // Проблемы современного педагогического образования. Вып.54. Ч.7. Ялта: Крымский федеральный ун-т, 2016. С.190-196.

3. Косарев А.П., Маркин Ю.С., Федорова Ж.В. Мировоззренческие и методологические проблемы в естественнонаучных и технических дисциплинах. Казань: Казан.гос.энерг.ун-т, 2011. 124 с.

4. Сулейманова А.Р., Федорова Ж.В. Философия и естествознание // Философская мысль в прошлом и настоящем (некоторые сюжеты). Казань: Казан.гос.энерг.ун-т, 2011. С.38-55.

5. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. М.: Наука, 1991. 268 с.

УДК 519.876.5

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ В СОЗДАНИИ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ПОМОЩИ САПР

Филимонов Сергей Сергеевич[1], Хамитова Динара Вилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]serfv43@gmail.com, [2]orhidey-din@mail.ru

Аннотация: При помощи систем автоматизированного проектирования обучающийся сможет наиболее точно понять работу того или иного механизма без физического контакта. Именно для этого вводится понятие адаптивности элемента.

Ключевые слова: САПР, Autodesk Inventor, адаптивность, учебный процесс, механизм, инженерная графика, моделирование, проектирование.

APPLICATION OF ADAPTIVITY IN CREATING MECHANISMS WITH CAD

Filimonov Sergei Sergeevich[1], Khamitova Dinara Vilevna[2]
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]serfv43@gmail.com, [2]orhidey-din@mail.ru

Abstract: *With the help of computer-aided design systems, the student will be able to most accurately understand the operation of a particular mechanism without physical contact. It is for this that the concept of element adaptability is introduced.*

Keywords: *CAD, Autodesk Inventor, adaptability, educational process, mechanism, engineering graphics, modeling, design.*

В век цифровых технологий активно применяются различные системы автоматизированного проектирования для конструирования механизмов и приборов, расчёта предельной нагрузки материала проектируемого механизма, а также исследования поведения инженерного узла в условиях, приближенных к реальным или созданных лабораторно в системе автоматизированного проектирования (САПР).

Адаптивная технология моделирования в САПР – это метод создания моделей, который предусматривает изменение размеров элемента, вызывающий соответствующее изменение размеров всего объекта. Адаптивность поддерживается многими современными САПР, в том числе программой *Autodesk Inventor Professional*, предназначенной для проектирования и моделирования изделий. Данный метод позволяет обеспечивать соответствие размеров деталей без задания общих размерных па-

раметров или создания зависимостей параметров в ходе моделирования интересуемого элемента [1-3].

Адаптивными могут быть:

– чертёж;

– конструкции (объемные геометрические представления – детали);

– чертежи со спроецированной геометрией (чертёж с указанием размеров, а также полными характеристиками материала и спецификацией);

– сборки, в которых есть детали с адаптивными эскизами или конструктивными элементами.

Для наиболее ясного понимания адаптивности создана анимация работы стойки автомобильной, показывающей полный ход подвески в условиях реальной нагрузки, подразумевающей сжатие и отбой (см. рисунок). С помощью анимации обучающийся сможет определить траекторию работы любого механизма [4].



а) *б)*

Трёхмерная модель стойки автомобильной в состоянии отбоя (*а)* и сжатия *(б)*

При создании модели детали в контексте сборки можно проецировать геометрию имеющихся деталей на плоскости создания эскизов для объемных конструктивных элементов новой детали, создавая взаимосвязанные эскизы и сборки. Изменения, происходящие в исходном проецируемом контуре, отражаются на проекции, а эскиз, содержащий эту проек-

цию, автоматически становится адаптивным. Это показано на примере трёхмерной модели стойки автомобильной, которая изображена на рисунке в состоянии отбоя и сжатия. Все элементы, кроме гайки и шайбы были созданы отдельно, т.е. они уже связаны адаптивностью.

Таким образом, функция как адаптивность может сделать огромный вклад практически в любой области образования, позволяя учащимся лучше понять концепции машиностроения, механики, а также сопротивления различных материалов [5].

Источники

1. Стремнев А.Ю. Адаптивное моделирование в современных системах автоматизированного проектирования // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 2. С. 60; URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=26155 (дата обращения: 24.10.2021).

2. Рукавишников В.А., Уткин М.О. Цифровое моделирование как первый уровень формирования проектно-конструкторской компетенции // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: сб. тр.междунар.науч.-практич.конф., 19 апреля 2019 г., Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2019. С. 216- 221.

3. Thornburg D. The 3D Printing Revolution in Education // ESchool News white paper. 2016. Vol. 2. № 3. P. 3-6.

4. Фаритов А.Т. 3D-моделирование и прототипирование во внеурочной деятельности учащихся в школе // Педагогика и просвещение. 2019. № 4. С. 155 - 167. DOI: 10.7256/2454-0676.2019.4.31700 URL: ttps://nbpublish.com/library_read_article.php?id=31700
(дата обращения 24.03.2021).

5. Рукавишников В.А., Уткин М.О., Хамитова Д.В. Цифровая экономика – новый базис профессионального образования // Актуальные задачи и пути их решения в области кадрового обеспечения электро- и теплоэнергетики: сб. тр. II Всерос. науч.-практ. конф. (Москва, 17-19 окт. 2018). М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2018. С. 53-54.

УДК 378.046.2

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННОГО КВЕСТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ» ДЛЯ ПЕРВОКУРСНИКОВ – БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

Хуторова Людмила Михайловна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
hutorovalyd@mail.ru

Аннотация: в статье обозначены основные подходы проектирования квеста, как одной из форм и метода современного образовательного процесса в ВУЗе. Сделан вывод, что квест, как игровой продукт в электронной форме, способствует оптимизации учебного процесса, развитию самоорганизации и soft skills-навыков у студентов-первокурсников.

Ключевые слова: квест, дисциплина «История», компетентно-ориентированный подход, прототип, учебная адаптация студентов-первокурсников.

APPROACHES TO DESIGNING AN ELECTRONIC QUEST IN THE DISCIPLINE «HISTORY» FOR FIRST-YEAR STUDENTS – FUTURE ENGINEERS

Khutorova Lyudmila Mikhailovna
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
hutorovalyd@mail.ru

Abstract: *the article outlines the main approaches to the design of the quest - as one of the forms and methods of the modern educational process in the university. It is concluded that the quest as a game product in electronic form contributes to the optimization of the educational process, the development of self-organization and soft skills of first-year students.*

Keywords: *quest, discipline «History», competence-oriented approach, prototype, educational adaptation of first-year students.*

Современные образовательные стандарты подготовки инженерных кадров подразумевают компетентностно-ориентированный подход. Наряду с профессиональными у студентов формируются и надпрофессиональные навыки (soft skills). Гуманитарные дисциплины, включенные в учебный план подготовки будущих инженеров, способствуют, в том числе, их формированию. Современные работодатели заинтересованы в привлечении креативных, нестандартно решающих проблемы и быстро адаптирующихся к новым условиям специалистов, вызовы сегодняшнего

дня требуют постоянного повышения квалификации и расширения рамок сфер познания.

Квест (англ *quest* - поиск, вызов, приключение) - интерактивная игра, представляющая собой целостную историю, где ключевую роль выполняет команда игроков (или один игрок), которые решают задачи, требующие определённого уровня интеллектуальной подготовки и умственного напряжения [5, с. 92]. Сюжет квеста как игрового продукта по дисциплине «История» строится на основе исторических событий или биографии исторического персонажа, могут быть также использованы сюжеты литературных произведений, художественных фильмов или популярных компьютерных игр [5]. Проектирование квеста с точки зрения продумывания образовательных технологий предполагает, что обучающиеся исследуют некое пространство путем поиска и решения практических задач. Таким образом, в результате формируются заявленные компетенции [5]. Цифровизация вузовского образования подразумевает, в том числе, широкое использование электронных средств и методов обучения студентов. Традиционные формы обучения (лекции, ролевые и деловые игры, викторины и олимпиады и пр.) переводятся в электронный формат. Проектирование квеста связано с созданием его прототипа – функциональной программы с графическим интерфейсом [3,4]. Квест как технология широко используется на разных ступенях обучения, в том числе, в системе среднего образования. Данное обстоятельство позволяет использовать квест для адаптации студентов-первокурсников к образовательным и социальным условиям высшей школы. Исследователи квестов подчеркивают их положительный потенциал для мотивации студентов к изучению исторических материалов [1]. Данный подход позволяет сформировать у обучающихся такие качества, как гибкость, мобильность, умение работать в команде, способствует развитию самоорганизации деятельности в целом.

Проектирование квеста, как обучающего элемента дисциплины «История» для первокурсников – будущих инженеров, предполагает продумывание и сочетание следующих подходов: 1) квест как интерактивная игра на историческую тему; 2) квест как образовательная технология; 3) квест как мультимедийный продукт; 4) квест как мотивиция для изучения студентами дисциплины «История» и одновременно один из способов адаптации первокурсников к учебным и социальным реалиям системы высшего образования.

Таким образом, квест как игровой продукт в электронной форме способствует оптимизации учебного процесса, развитию самоорганизации и формированию soft skills-навыков у студентов-первокурсников.

Источники

1. Камаева М.П. Образовательный квест как интерактивная форма обучения истории // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: Сб. статей Международ. науч.-практич. конф. Петрозаводск, 2019. С. 157 – 160.

2. Рыбина М.В. История – инженеру (к вопросу о содержании учебной дисциплины «История» в техническом вузе // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. Т. 11. 2017. № 4. С. 21-25.

3. Силкина О.Ю. Проектирование онлайн-квеста как элемента электронного курса «История» для студентов-бакалавров Казанского государственного энергетического университета // Всероссийский конкурс научных работ «Лобачевский – 2021». Казань: Бук, 2021. С. 30 - 32.

4. Силкина О.Ю., Хуторова Л.М. Проектирование прототипа квеста как элемента электронного учебного курса «История» для студентов-бакалавров Казанского государственного энергетического университета // Тинчуринские чтения-2021. Энергетика и цифровая трансформация: международ. молодеж. науч. конф. : в 3 т. Казань: КГЭУ, 2021. Т. 3. С. 92-93.

5. Третьякова В.С., Сумина Т.Г. Вузовская игра-квест как технология интеграции образовательных областей и видов деятельности // Профессиональное образование и рынок труда. 2019. № 4. С. 90-95.

УДК 378

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Чиркова Дарья Михайловна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]d.m.tcherkashneva@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

Аннотация: в тезисе рассматриваются современные актуальные вопросы инженерного образования. Стремительное развитие и усложнение современных технологий, их наукоемкость принципиально меняют роль инженера в высокотехнологичном производстве.

Ключевые слова: инженерное образование, процесс, возможности, престижность.

TOPICAL ISSUES IN ENGINEERING EDUCATION

Chirkova Daria Mikhailovna[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2]
[1,2]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]d.m.tcherkashneva@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

Abstract: *the thesis examines current topical issues of engineering education. The rapid development and complication of modern technologies, their science intensity fundamentally change the role of an engineer in high-tech production.*

Keywords*: engineering education, process, opportunities, prestige.*

Одной из важнейших задач не только инженерных университетов, но и государственных и общественных организаций, средств массовой информации и т. д. Должно стать увеличение престижа инженерного образования в сознании молодого поколения и их родителей до уровня не ниже высокого, как хорошее гуманитарное или экономическое образование. Получить это можно не столько за счет совершенствования этого престижа, сколько, прежде всего, за счет реальных шагов по техническому обновлению промышленных и транспортных комплексов, энергетической и транспортной инфраструктуры и т. Д. На основе значительных инновационных инвестиций и прорывных технологий, в первую очередь разработанных отечественными учеными. [1, С.55]

Принимая во внимание отмеченное выше уменьшение престижа инженерного образования в нынешней Российской Федерации, а также крайне маленький уровень довузовского образования в последние годы, нужно поменять систему отбора в инженерные университеты. Этот отбор должен стать действительно конкурсным, учитывающим не только

результаты ЕГЭ по общим и профильным дисциплинам, но и способности и, что не менее важно, мотивацию поступающих к получению выбранных инженерных специальностей. Помочь в этом могут интервью тех, кто поступает с участием ведущих преподавателей выпускных кафедр и представителей организаций. [5]

Высшее инженерное образование не должно быть безличным. По-другому, нужно обеспечить, чтобы все формы образовательного процесса вуза (лекции, практические и лабораторные занятия, курсовые и контрольные работы и т. Д.) Были ориентированы не на «средних», а тем более не на слабых студентов, но прежде всего на тех, кто имеет достаточную подготовку для выполнения требуемого объема и сложности, и, самое главное, был заинтересован в получении инженерной профессии (а не только диплома о высшем образовании). [3, С.10]

Говоря о возможности использования опыта российской высшей школы в современных условиях, разумно обратить внимание на такую форму учебной деятельности, как вечернее обучение. Такая форма, во-первых, дает большие возможности для прямого общения ученика с преподавателями, нежели для переписки, в том числе в части выполнения курсовой, расчетной и контрольной работы. Во-вторых, в значительной степени позволяет учитывать интересы предприятий при подготовке необходимых специалистов достаточно высокого уровня при условии, конечно, принципа совпадения профиля производственной деятельности студента с профилем. получаемой специальности. В этой форме обучения также достаточно четко прослеживается связь теоретической и практической составляющих учебного процесса. [2, С.33]

Считается нужным осуществлять «научное сопровождение» всего учебного процесса в инженерных университетах посредством, в частности, прикрепления профессоров и доцентов выпускающих кафедр в качестве научных кураторов-консультантов маленьких групп учеников, прежде всего, из числа целевого направления. Здесь и был бы учтен опыт передовых зарубежных университетов по подготовке профессионалов, способных в дальнейшем вести независимую исследовательскую работу. [1, С.57]

Еще важнейший вопрос университетской подготовки, на который обратил внимание Президент Российской Федерации в своем итоговом слове на съезде ректоров, назвав его стратегическим, - вопрос о формировании не просто хорошего специалиста в той или иной области профессиональной практике, но также его личности. «Если мы с вами сможем сформировать, воспитать хорошего специалиста, у нас, конечно,

не будет будущего», - заявил он. Но если мы не можем воспитать человека с широкими, глубокими, всеобъемлющими, объективными знаниями в гуманитарной сфере, если мы не воспитываем человека, который самодостаточен, но реализует себя как часть великого многонационального и многоконфессионального сообщества «Если мы этого не сделаем, у нас с вами не будет стран», - сказал он. К сожалению, в крайние годы этот вопрос в той или иной степени ушел в тень: уменьшаются часы практических, а иногда и лекционных занятий по социально-гуманитарным дисциплинам, а иногда и сами дисциплины. Так произошло, например, с дисциплиной «Логика» для инженерных специальностей. Создается впечатление, что составители учебных программ по специальностям считают строгость, последовательность и аргументированность мышления инженера излишеством или простой игрой ума, имеющей очень мало отношения к будущей деятельности инженеров [4].

Источники

1. Федоров И.Б., Медведев В.Е. Инженерное образование: проблемы и задачи // Высшее образование в России. 2011. № 12. С. 54-60.

2. Федоров И.Б., Балтян В.К. Становление и развитие университетского технического образования России // Высшее образование в России. 2012. № 11. С. 30-39.

3. Жураковский В.М, Федоров И.В. Модернизация высшего образования: проблемы и пути их решения // Высшее образование в России. 2014. № 1. С. 3-14.

4. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

5. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour

УДК 377.352

WORLDSKILLS RUSSIA: ОТ ЧЕМПИОНАТОВ РАБОЧИХ ПРОФЕССИЙ К МЕЖДУНАРОДНОМУ СТАНДАРТУ ОБУЧЕНИЯ

Шакурова Миляуша Фаритовна
ГАПОУ «Буинский ветеринарный техникум», г. Буинск, Россия
m.shakurova@inbox.ru

Аннотация: Доклад посвящен исследованию потенциала инструментов *WorldSkills*. Сегодня это движение включает все ведущие экономики мира, является глобальным игроком, предлагающим для национальных систем профессионального образования современные решения. Результаты по вопросам внедрения стандартов представлены на примере ГАПОУ «Буинский ветеринарный техникум».

Ключевые слова: национальная система профессионального образования, стандарт обучения *WorldSkills*, профессиональная коммуникация, система оценки.

WORLDSKILLS RUSSIA: FROM THE CHAMPIONSHIPS TO THE INTERNATIONAL STANDARD OF TRAINING

Shakurova Milyausha Faritovna
GAPOU «Buinsk Veterinary College», Buinsk, Russia
m.shakurova@inbox.ru

Abstract: *The report is devoted to the study of the potential of WorldSkills tools. This movement includes all the leading economies of the world, is a global player offering modern solutions for national vocational education systems. The results on the implementation of standards are presented on the example of the GAPOU "Buinsky Veterinary College".*

Keywords*: national system of vocational education, WorldSkills standard methodology, benchmark, professional communication, evaluation system.*

В России предприняты все усилия по популяризации профессионального образования (далее ПО) на основе методики *WorldSkills*. Вопрос нового имиджа национальных систем ПО связан не только с формированием благоприятного образа этой системы в общественном сознании. Более фундаментальный вызов состоит в том, чтобы на деле обеспечить выпускникам расширение жизненных и карьерных перспектив [1, С.38]. Навыки, полученные в колледже, должны капитализироваться в экономическом и социальном смысле. Лидируют и добиваются наибольших успехов в этой гонке те страны, которые активно инвестируют в человеческие ресурсы, обеспечивая за счет этого лучший уровень образования и науки [4, С.122].

В предлагаемом докладе представлены результаты и выводы о

преимуществах использования подходов *WorldSkills* в повышении качества профессионального образования. Методологическая основа исследования состоит в применении анализа и синтеза, так на основе сравнительного метода, проведен анализ развития и значимости перехода Российской Федерации к модели обучения на основе стандартов *WorldSkills*; методы наблюдения, статистического анализа, психодиагностики, изучения процесса и продуктов деятельности человека применены в мониторинге внедрения методики *WorldSkills* в образовательный процесс ГАПОУ «Буинский ветеринарный техникум».

В основе конкурсных заданий международных чемпионатов, используемых для целей массовой оценки, лежат Стандарты *Worldskills* (*WorldSkills Standards Specification* (WSSS)) по соответствующим компетенциям [2, С.36]. Задания, работа на современном технологическом оборудовании выступают в качестве эталона, который унифицирует требования к участникам из разных стран. В России система оценки итоговой аттестации с демонстрационным экзаменом, проводимой в специально созданных для этого специализированных центрах компетенций [3, С.19] и ресурсных центрах, практически полностью повторяет международную модель.

В 2016 году началось постепенное внедрение методики *WorldSkills* в повседневную практику ГАПОУ «Буинский ветеринарный техникум». В качестве формы такого внедрения выступили демонстрационный экзамен; подготовка участников и компатриотов; участие в сетевых, региональных и национальных конкурсах мастерства. За этот период студенты техникума стали обладателями золотой, серебряной и бронзовой медали национального чемпионата по компетенциям «Электромонтаж», «Кирпичная кладка», «Ветеринария», «Поварское дело», «Полиция», «Бухгалтерский учет», также награждены медальонами за профессионализм. На базе техникума создан «Специализированный центр компетенции ветеринария».

Работа в техникуме ведется по обучению универсальным навыкам, таким как изучение профессиональной терминологии, иноязычной профессиональной лексики, условных обозначений. Для овладения навыками профессиональной коммуникации используются междисциплинарные проекты, методы кейсов и квестов, игровые и неигровые методы, например, действия по инструкции, с соблюдением особой последовательности и параллельным комментированием, тренинги в активном режиме, проведение «мастер класса» по объяснению работы того или иного прибора. Среди когнитивных навыков студентов приобрели

особую значимость критическое и творческое мышление, из социально поведенческих – лидерские качества, самостоятельность, навыки успешной коммуникации и командной работы, умение учиться и познавать. Студенты осваивают более сложные задания, взаимодействуют с другими участниками и экспертами, работают над ошибками и планируют свой дальнейший профессиональный путь. Обучение в процессе практической деятельности (*learning by doing*) [5, С.92] обеспечивает мотивацию студентов и осознанное отношении к учебе.

Проведенный анализ позволяет сделать несколько выводов: стандарты *WorldSkills* содержат четкие ориентиры чему и как учить молодых профессионалов; выступления на профессиональных конкурсах дают студентам ПО уникальный профессиональный опыт; методика *WorldSkills* дает ясные ориентиры для профессионального развития преподавателей и мастеров профессионального обучения.

Источники

1. Дудырев Ф.Ф., Фрумин И.Д., Мальцева В.А., Лошкарева Е.П., Татаренко Е.А. Новые возможности *WorldSkills* для сопоставимой оценки результатов в профессиональном образовании // Современная аналитика образования. 2019. № S7(29). С. 5-47.

2. Смолина О.А. О формировании востребованной системы оценки квалификаций в формате *WorldSkills* // Ученые записки ЗабГУ. 2017. Т. 2. № 2. С. 32-38.

3. Аксенова М.А. Центр компетенций как образовательный ресурс подготовки высококвалифицированных специалистов // Профессиональное образование и рынок труда. 2017. №4. С. 18-24.

4. Голубцов Н.В., Нищѐнков А.В., Фѐдоров О.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов // Вестник КГЭУ. 2019. № 3 (43). С. 116-122.

5. Сулейманова О.А., Водяницкая А.А. Сетевые технологии в системе обучения learning by doing // Общество. Коммуникация. Образование. 2020. Т.11. №1. С. 90-99.

УДК 332.02

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Юсупова Ирина Валерьевна[1], Пелевин Олег Владимирович[2]
[1,2]Министерство экономики Республики Татарстан,
[1]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» г. Казань, Россия
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

Аннотация: проблемы инновационного развития регионов в эпоху цифровизации становятся ключевыми. Такой стратегический ориентир становится базовым для выбора направлений инновационного развития любой отрасли и сферы человеческой деятельности.

Ключевые слова: инновации, инновационное развитие, инновационные процесссы, цифровизация, проблемы цифровизации, модернизация экономики.

PROBLEMS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF REGIONS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION

Yusupova Irina Valerievna[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2]
[1.2] Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan,
[1]FSBEI HE «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

Abstract: *the problems of innovative development of regions in the era of digitalization are becoming key. Such a strategic guideline becomes the basis for choosing the directions of innovative development of any industry and sphere of human activity.*

Keywords: *innovations, innovative development, innovative processes, digitalization, problems of digitalization, modernization of the economy.*

Обзор научной литературы и анализ мировых рейтингов инновационной и деловой активности, позволяет выделить следующие барьеры инновационной деятельности предприятий, ограничивающие возможности модернизации экономики [1, с.1; 5, с.9]:

− недостаточный уровень финансирования, обеспечивающего возможности заниматься инновационной деятельностью в нужном (оптимальном) для получения заложенного эффекта ритме;

− неэффективность налоговой политики, сдерживающей рост инновационной активности предприятий;

− несовершенство законодательной базы и нормативно-правового регулирования, тормозящий процесс внедрения лучших зарубежных

практик инновационного развития на российских территориях;

− трудности с получением госзаказа, что заметно снижает инновационную активность предприятий, так как данный процесс не обладает достаточной прозрачностью и простотой применения;

− низкий уровень квалификации выпускников учебных заведений по «новым» востребованным профессиям в трендах научно-технического прогресса;

− недостаточный уровень развития инновационной инфраструктуры, призванной всячески поддерживать инновационный процесс на всех трех уровнях: государственном, региональном, субъектном;

− сложный процесс взаимодействия объектов инновационно-инвестиционной инфраструктуры, а также путанное распределение функций между ними, что снижает его эффективность.

Если исследовать научную литературу по вопросам инновационного развития территорий, то можно отметить популярность использования подхода, предусматривающего изучение инновационной деятельности предприятий через призму регионального развития и совершенствования государственной политики поддержки инноваций. В рамках данного подхода уделяется серьезное внимание следующим факторам [2, с.45; 3, с.8; 4, с.16]:

− пространственная близость регионов, создающая реальные возможности для их взаимодействия; - локальные условия, позволяющие гибко поддерживать инновационную активность хозяйствующих субъектов в регионе;

− специфика человеческого капитала, дающая возможности или накладывающая определенные ограничения в контексте диффузии инноваций;

− межрегиональное сотрудничество, как важная составляющая инновационного проектного взаимодействия, поскольку инновационный процесс не происходит в одиночку, а только через партнерство участников;

− концепция умных городов и умной специализации регионов, используемые в ЕС, как реальные примеры эффективных рабочих инновационных инструментов;

− долгосрочное видение технологического развития страны, отраженное в Стратегии научно-технологического развития РФ;

− роль человеческого капитала и университетов в инновационной деятельности российского предпринимательства через механизмы взаимодействия для формирования грамотного сотрудничества между

наукой, бизнесом и образованием;

− прямые иностранные инвестиции, как фактор инновационного развития, осуществляющий приток необходимых средств из-за рубежа для стимулирования общего экономического роста, в частности инновации за счет эффектов перетока и усиления конкуренции на рынке.

В современных условиях говорить об эффективном решении проблем инновационного развития можно только с позиции политики сплочения и акцента на региональное развитие через стимулирование инновационной деятельности на местном уровне. Только так можно способствовать росту региональной и национальной экономики. В этой связи стоит отдельно отметить европейскую концепцию «умной специализации», которую считаем полезной для развития любых городов (областей) – как отстающих, так и передовых.

В основе сложного процесса взаимодействия участников инновационного процесса лежит стимулирование создания и распространения инноваций как план пространственного развития, нацеленный на интеграцию сетей и торговли для ускорения темпов экономического роста. Сформированные в результате тесного взаимодействия участников инициативы в сфере науки, технологий и инноваций будут способствовать стимулированию спроса и развитию цепочек поставок для расширения потенциала территорий к внедрению новых технологий в рамках стратегии научно-технологического развития страны. Именно поэтому политику сплочения как инновационных механизм можно считать политикой распределенного экономического роста и расширения доступа регионов к глобальным инновациям.

Таким образом, цифровизация является ядром инновационного развития промышленных предприятий, однако внедрение цифровых решений сопровождается рядом проблем, среди которых можно выделить недостаток квалифицированных кадров, отсутствие стратегии развития, боязнь неудачи реализации проектов цифровизации, вопросы обеспечения безопасности и неготовность компаний к изменениям.

Источники

1. Окрепилов В.В. Организующая роль экономики качества в эпоху цифровизации. Форсайт «Россия»: будущее технологий, экономики и человека. Том I. Сборник пленарных докладов V Санкт-Петербургского международного экономического конгресса (СПЭК-2019) / под общ. ред. С.Д. Бодрунова. – СПб: ИНИР, 2019. – С. 98-105.

2. Пелевин О.В. Перспективы «цифрового» развития Республики Татарстан в контексте состояния «цифровизации» промышленных предприятий Республики Татарстан // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция. 2019. С. 429-435.

3. Пелевин О.В. Актуальные вопросы развития цифровой экономики в Республике Татарстан // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция. 2019. С. 435-439.

4. Развитие цифровой экономики как одно из приоритетных направлений «Стратегии-2030 Республики Татарстан» / под ред. Э.В. Шамсутдинова. Казань : Изд-во Казанск. гос. энерг. ун-та, 2018.

5. Сизова И.Ю., Сизов О.В. Стратегические направления обеспечения экономической безопасности на основе цифровизации экономики региона // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. 2020. № 7. С. 297-303.

Секция 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 621.37

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИГНАЛИЗИРУЮЩИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Ахметвалеева Ляля Вахитовна[1], Калинин Дмитрий Николаевич[2],
Галимуллин Нияз Раисович [3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]alvkgeu@mail.ru, [2]niaz-galimullin@mail.ru, [3]dmitrij_kalinin_85@list.ru

Аннотация: В современном мире, развитие и усовершенствование систем безопасности, охранных сигнализаций, систем контроля доступа, напрямую и неразрывно связанно с процессами, отвечающими за автоматизацию и интеграцию, касающиеся не только собственных систем безопасности, но и всех систем, созданных для автоматизации управления жизнеобеспечением и функционированием объекта, будь то жилой дом, офис, предприятие. Модернизация блоков управления и отображения информации является одним из ключевых требований в системах безопасности.

Ключевые слова: центральный процессорный блок, сетевые устройства, терминал управления, контроль доступа.

MODERNIZATION OF SECURITY ALARM SYSTEMS

Akhmetvaleeva Lyalya Vakhitovna[1], Kalinin Dmitry Nikolaevich[2],
Galimullin Niyaz Raisovich[3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
1alvkgeu@mail.ru, 2niaz-galimullin@mail.ru, 3dmitrij_kalinin_85@list.ru

Abstract: *In the modern world, the development and improvement of security systems, burglar alarms, access control systems is directly and inextricably linked with the processes responsible for automation and integration, concerning not only their own security systems, but also all systems created to automate life support and operation management object, be it a residential building, office, enterprise. Modernization of control units and information display is one of the key requirements in security systems.*

Key words: *central processing unit, network devices, control terminal, access control.*

По принципу структуры создания информационных систем безопасности (ИСБ) представляют специализированную локальную вычислительную сеть (ЛВС), состоящую из основного прибора – БЦП, к которому включаются сетевые приборы (СУ). В таких устройствах

включение СУ к БЦП исполняется при поддержке интерфейса RS-485. Данный интерфейс считается разновидностью интерфейсов поочередной передачи данных для создания локальных сеток контроллеров управления, специализированных для промышленного использования, и, в соответствии с этим, содержит довольно высокую помехоустойчивость и скорость передачи данных [1, 2]. В качестве физической среды передачи данных применяется симметричная витая пара проводов. Основные качества *RS*-485 – большая длинна части связи (1200 м), высокая помехоустойчивость, низкая степень напряжения в части связи интерфейса. В стандартном варианте, интерфейс *RS*-485 не допускает ветвления части связи на участках[3, 4]. Это обуславливается тем собственно, что ответвления нарушают волновое противодействие части связи и в соответствии с этим затрудняют ее согласование. Для согласования волнового сопротивления части связи в интерфейс нужно подключить согласующие резисторы. Резисторы подключаются к части связи в 2-ух более удаленных точках пространства включения СУ.

В случае надобности прирастить линию связи с СУ, мы используем приборы БРЛ-03, которые дают возможность гарантировать удлинение части связи с СУ, гальваническую развязку участков части связи, а еще ветвление части связи. Схема включения БРЛ-03 в линию связи приведена на рисунке 1.

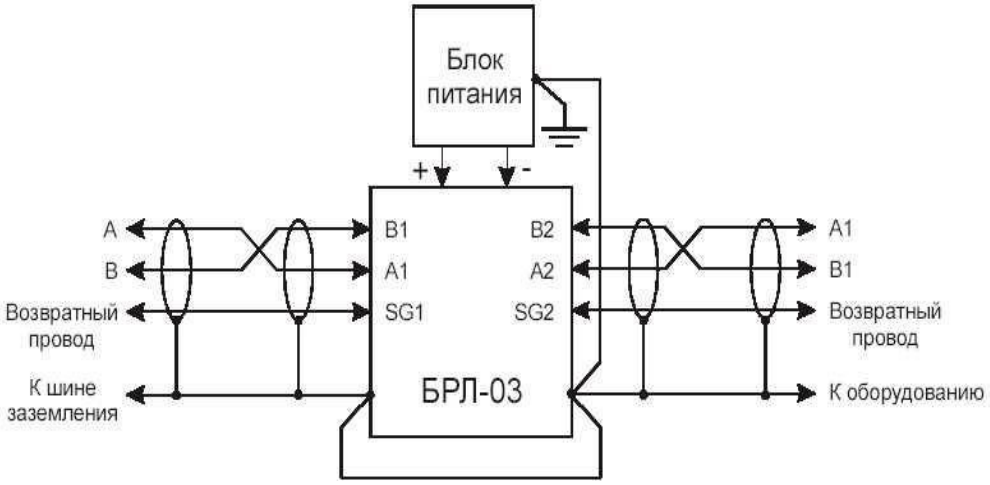


Рис. 1. Схема подключения БРЛ в линию связи

Для увеличения стойкости к электрическим помехам мы рекомендуем применять экранированную витую пару, а заземление экрана выполнить в одной точке - в точке заземления БЦП, как это представлено на рисунке 2.

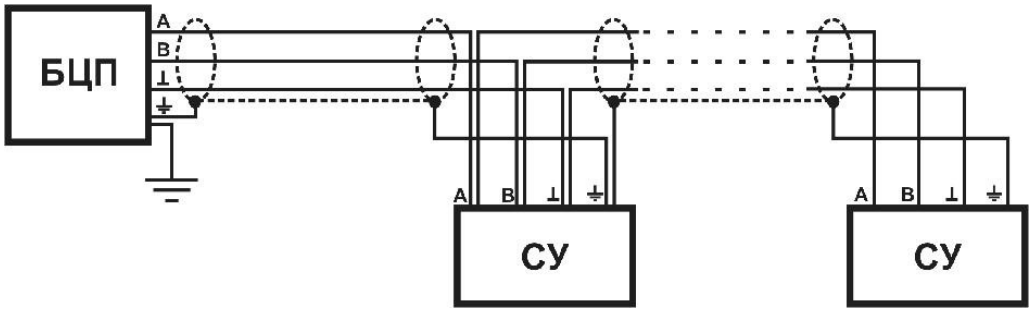


Рис. 2. Заземление БЦП

Как уже отмечалось ранее, линия связи с СУ в большинстве систем безопасности реализуются с внедрением интерфейса последовательной передачи данных *RS*-485[5]. Этот интерфейс содержит ряд достоинств. Однако временами возникает задача обеспечения связи между СУ в системе, в которой или использование витой пары не видится вероятным (наличие мощных источников ЭМ излучения, географические, архитектурные, особенности объекта, гигантская удаленность и т.д.), или нужно применить существующие каналы связи (*Ethernet*, ВОЛС, выделенные телефонные линии). В соответствии с этим, нужен второй преобразователь на иной стороне канала связи.

Источники

1. Информационно – технический журнал «Техника охраны», Москва: НИЦ «Охрана» ВНИИИПО МВД России, 2017. 111 с.

2. Крахмалев А.К. Контроль доступа и интегрированные системы безопасности // Техника охраны. Москва: НИЦ «Охрана» ГУВО МВД России. 2016. №1286. С. 45-51.

3. Крахмалев А.К. Принципы построения комплексов технических средств безопасности. // Информатизация правоохранительных систем – 99: сб. тез. докл. VIII Междунар. конф. Москва: Академия управления МВД РФ. 2018. 354 с.

4. Иванова В.Р., Иванов И.Ю., Новокрещенов В.В. Структурный и параметрический синтез алгоритмов противоаварийного управления для реализации адаптивной частотной делительной автоматики электротехнических систем // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т.22. №4. С.66-76.

5. Крахмалев А.К. «Электронные системы безопасности. Интеграция технических средств» // «Живая электроника России. Приборы – Системы – Интегрированные системы». М: Издательство «Электронные компоненты», 2018. 215 с.

УДК 621.3.048

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Голенищев-Кутузов Александр Вадимович[1], Иванов Дмитрий Алексеевич[2]
Семенников Антон Владимирович[3], Галиева Татьяна Геннадьевна[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]alex.kutuzov@mail.ru, [2]ivanov.da@kgeu.ru, [3]campoce6e@gmail.com, [4]79534929817@ya.ru

Аннотация: Для контроля изоляции электрического оборудования в последнее время повсеместно применяется метод диагностики, основанный на измерении частичных разрядов. В нашей работе предлагается применение акустического и электромагнитного методов для системы непрерывного бесконтактного неразрушающего контроля технического состояния изоляционного оборудования, которая позволит контролировать такое оборудование в режиме «онлайн» и прогнозировать его остаточный ресурс.

Ключевые слова: частичные разряды, бесконтактная диагностика изоляционного оборудования, неразрушающий контроль, электромагнитный метод, акустический метод.

APPLICATION OF ACOUSTIC AND ELECTROMAGNETIC METHODS FOR CONTROL OF ELECTRICAL INSULATION EQUIPMENT

Golenishchev-Kutuzov Alexander Vadimovich[1], Ivanov Dmitry Alekseevich[2]
Semennikov Anton Vladimirovich[3], Galieva Tatiana Gennadievna[4]
[1,2,3,4]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]alex.kutuzov@mail.ru, [2]ivanov.da@kgeu.ru, [3]campoce6e@gmail.com, [4]79534929817@ya.ru

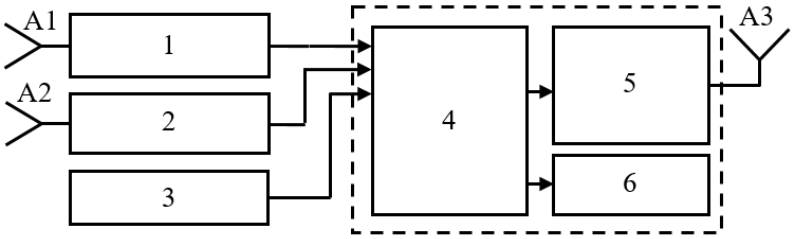
Abstract: *Recently, a diagnostic method based on the measurement of partial discharges has been widely used to monitor the insulation of electrical equipment. In our work, we propose the use of acoustic and electromagnetic methods for a system of continuous non-contact non-destructive testing of the technical condition of insulation equipment, which will allow monitoring such equipment online and predicting its residual life.*

Keywords: *partial discharges, non-contact diagnostics of insulation equipment, non-destructive testing, electromagnetic method, acoustic method.*

В крупных энергосистемах возрастает риск крупномасштабных отключений электроэнергии, вызванных отказом или повреждением основного энергетического оборудования. Многие факты показывают, что первопричинами большинства аварий на электроэнергетическом

оборудовании являются дефекты внутренней изоляции [1,2]. Изоляция с течением времени стареет и теряет свои диэлектрические свойства, что приводит к микропробоям, которые в результате могут привести к полному её пробою и выходу оборудование из рабочего состояния. В связи с этим постоянный «онлайн» контроль изоляционных элементов является актуальной задачей на сегодняшний день.

Нами была разработана система мониторинга высоковольтного оборудования, включающая два метода диагностики частичных разрядов (ЧР): электромагнитный и акустический. Блок-схема диагностического устройства системы мониторинга представлена на рисунке. Более подробно функционирование системы описано в работе [3].



Блок-схема бесконтактного диагностического устройства:
1 – электромагнитные датчики, 2 – ультразвуковые датчики, 3 – датчик фазы, 4 – микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем, 5 – радиомодуль, 6 – флеш-память, A1 – антенна электромагнитного датчика, A2 – приемники ультразвукового датчика, A3 – антенна для передачи данных

Основные измерения проводятся с помощью электромагнитных и ультразвуковых датчиков и датчика фазы. Диагностические устройства устанавливаются на заранее определенном расстоянии от испытуемого объекта. Ультразвуковой датчик позволяет локализовать место неисправности, а электромагнитный датчик с помощью антенны измеряет электромагнитное поле, излучаемое ЧР. Регистрация электромагнитных импульсов ЧР производится с помощью широкополосного сканирующего приемника AOR AR-5000A, имеющего характеристики, приведённые в [4].Направленная антенна позволяет детектировать импульсы в интервале частот, рекомендованных IEC/TS 62478:2016 – ВЧ, СВЧ и УВЧ. В диагностическом устройстве использовались полосы частот 0,5-600 и 800-900 МГц.

Данные с приемника поступают в АЦП *NationalInstruments* USB-6251 [5], который имеет частоту дискретизации 1,25 МГц при разрядности 16 бит.

Регистрация акустических импульсов с помощью активной параболической антенны осуществляется на частоте 40 кГц.

Процесс обработки сигналов ЧР заканчивается построением следующих характеристик: амплитуд и числа импульсов в каждом фазовом интервале, и распределения числа импульсов по амплитудам. Результаты обработки данных представлены в статьях [6, 7].

Принцип диагностирования технического состояния электроизоляционного оборудования под рабочим напряжением заключается в периодическом измерении набора диагностических параметров ЧР с помощью электромагнитных и ультразвуковых датчиков, необходимых для достоверной оценки состояния и сравнения получаемых результатов мониторинга с эталонными значениями.

Источники

1. Wang H., Cheng L., Liao R. [et al.]. Non-destructive testing method of micro-debonding defects in composite insulation based on high power ultrasonic // High Voltage. 2019. Vol. 4 (3). P. 167–172.

2. Wen T., Zhang Q., Ma J. [et al.]. Research on the detecting effectiveness of on-site lightning impulse test for GIS equipment with insulation defects // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2018. Vol. 25, Issue 2. P. 551–558.

3. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей // ИВУЗ. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 4. С. 123–133.

4. Сканирующий приемник AOR AR-5000A // AOR. 2021 [Электронный ресурс]. http://aor.ru/archive.html (дата обращения: 02.11.2021).

5. USB-6251. Многофункциональное устройство ввода-вывода // NationalInstruments [Электронный ресурс].https://www.ni.com/ru-ru/support/model.usb-6251.html(дата обращения: 02.11.2021).

6. Ivanov D., Galieva T., Sadykov M. [et al.]. Method for the diagnosis of high-voltage dielectric elements during operation based on dynamic registration of electromagnetic radiation // E3S Web Conf. 2020. Vol. 216. 01061.

7. Ivanov D. A., Sadykov M. F., Yaroslavsky D. A. [et al.]. Non-contact methods for high-voltage insulation equipment diagnosis during operation // Energies. 2021. Vol. 14 (18). Paper 5670.

УДК 621.3

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В МНОГОКОНТУРНЫХ ЦЕПЯХ

Иркагалиева Илюза Ильнуровна[1], Хузяшев Рустэм Газизович[2]
Кузьмин Игорь Леонидович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]irkagalieva2001@mail.ru, [2]142892@mail.ru, [3]kigor@list.ru

Аннотация: В статье разработан приближенный алгоритм оценки параметров сигналов переходного процесса в многоконтурных цепях. Для моделирования был использован программный пакет PSCAD.Представлены аналитические и численные результаты обработки.

Ключевые слова: сигнал переходного процесса, многоконтурная цепь, резонансная частота, программный пакет PSCAD.

ALGORITHM FOR ESTIMATING THE PARAMETERS OF TRANSIENT PROCESS SIGNALS IN MULTI-CIRCUIT CIRCUITS

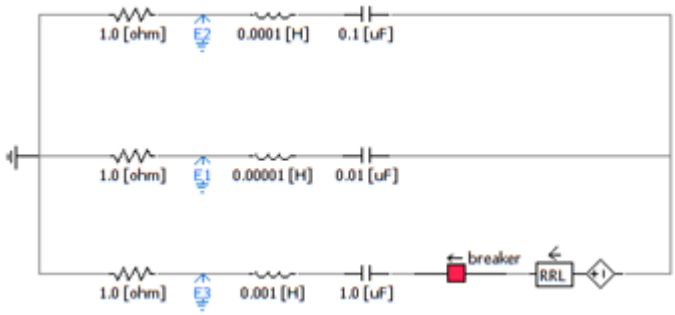
Irkagalieva IlyuzaIlnurovna[1], Khuzyashev Rustem Gazizovich[2], Kuzmin Igor Leonidovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[1]irkagalieva2001@mail.ru, [2]142892@mail.ru, [3]kigor@list.ru

Abstract: *The article has developed an approximate algorithm for estimating the parameters of the transient process signals in multi-circuit circuits. The PSCAD software package was used for modeling. Analytical and numerical results of processing are presented.*

Keywords: *transient signal, multi-circuit, resonant frequency, PSCAD software package.*

Рассмотрим схему замещения линии электропередач в режиме однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) [1], как многоконтурную систему, в которой определяющими являются два контура.Целью работы является, на основе численного решения, сформулировать приближенный метод оценки параметров сигналов переходного процесса (СПП) в двухконтурной цепи. Аналитическое решение задачи расчета параметров СПП в многоконтурных цепях отсутствует [2].При анализе одноконтурной RLC - цепи с активным сопротивлением, изменяющимся от 1 Ом до $R_{крит}$ показано, что с увеличением активного сопротивления максимальный ток СПП возрастает, а постоянная времени уменьшается. В [3] рассматривается двухконтурная цепь, содержащая в себе ветвь с нулевым сопротивлением. Цепь имеет два четко выделенных контура,

максимальный ток в которых, определяется величиной возмущения. Возмущение – разность напряжений на емкости анализируемого контура до и после момента коммутации. Смоделируем двухконтурную схему в программном пакете PSCAD (см. рисунок) [4], у которой сопротивления всех ветвей являются частотно зависимыми.



Двухконтурная схема

Предлагаемый упрощенный алгоритм оценки максимальных амплитуд тока резонансных частот в двухконтурной цепи основан на алгоритме расчета значения тока установившегося режима:

– преобразование двухконтурной цепи к одноконтурной относительно места коммутации эквивалентированием комплексных сопротивлений пассивных параллельных ветвей;

– определение частот (периодов) колебаний для нулей или минимумов полного сопротивления эквивалентной одноконтурной цепи;

– определение величины возмущения как разность напряжений на эквивалентной емкости каждого условно независимых контуров E1+E3 и E2+E3 до и после момента коммутации;

– определение максимальной амплитуды тока затухающих свободных колебаний отдельно для каждого условно независимого контура (E1+E3, E2+E3)[4], в виде отношения величины возмущения к волновому сопротивлению с учетом сопротивления потерь или к модулю полного сопротивления каждого условно независимого контура на обеих резонансных частотах.

В результате применения алгоритма мы выявили два аналитических решения, которые имеют погрешности по сравнению с численным решением. Решение через волновые сопротивления отличается от численного решения в 8,4 раза для контура E1+E3, в 1,27 раз для контура E2+E3, решение через полные сопротивления отличается в 3 раза для контура E1+E3, в 44,4 раза для контура E2+E3 (Табл. 1).

Таблица 1

	$Z_{вол\ пот}$	Z	Числ.реш	Ч-з вол.соп	Ч-з пол.соп
В к. Е1+Е3	317,8 Ом	873 Ом	37,5 А	315 А	115 А
В к. Е2+Е3	104,9 Ом	3 Ом	750 А	953 А	33333 А

В нижней ветке двухконтурной схемы, содержащей в себе источник возмущения (ключ), при коммутации формируется ступень напряжения, содержащий бесконечный спектр частот гармонических колебаний. Частоты формируемых колебаний СПП определяются нулями функции комплексного сопротивления эквивалентного контура состоящего из последовательно соединенных ветви с источником возмущения и параллельно соединенных оставшихся ветвей. На этих резонансных частотах сопротивление эквивалентной одноконтурной цепи минимально. Амплитуды токов каждого из колебаний в первом приближении определяются волновыми сопротивлениями условно независимых контуров, состоящими из общей ветви источника возмущения и одной из параллельно соединенных ветвей. Простейшая одноконтурная модель режима ОЗЗ предсказывает увеличение броска амплитуды тока с увеличением активного сопротивления в месте однофазного замыкания.

Источники

1. Токи замыкания на землю в переходном режиме – URL: https://studbooks.net/2082046/matematika_himiya_fizika/toki_zamykaniya_zemlyu_perehodnom_rezhime (дата обращения: 29.10.21).

2. Иркагалиева И.И., Хузяшев Р.Г., Кузьмин И.Л. Моделирование сигналов переходного процесса в двухконтурной цепи // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы XIV Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. С. 476-477.

3. PSCAD – URL: https://www.pscad.com/ (дата обращения: 25.10.21).

4. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В. Основы теории цепей. Учебник для вузов. Москва: Изд-во Энергия, 1975. 148 с.

5. Переходные процессы в цепях постоянного тока с катушкой индуктивности – URL: http://www.radiomexanik.spb.ru/15.-rc-i-l/r-tsepi/2.-perehodnyie-protsessyi-v-tsepyah-postoyannogo-toka-s-katushkoy-induktivnosti.html (дата обращения: 25.10.21).

Секция 6. СВЕТОТЕХНИКА

УДК 617.25

БИОЦИДНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕЦИРКУЛЯТОРОВ ВОЗДУХА

Гизингер Оксана Анатольевна [1], Крылов Александр Петрович [2]
[1]РУДН «Медицинский институт», г. Москва, Россия
[2] ФГАОУ ВО «Университет МГИМО МИД России», г. Москва, Россия
[1] OGizinger@gmail.com, [2] Alex0000007@gmail.com

Аннотация. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека разработаны рекомендации работодателям по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) среди работников, при соблюдении которых можно осуществлять экономическую деятельность. Приведены рекомендации по применению в помещениях с постоянным нахождением работников бактерицидных облучателей воздуха рециркуляторного типа. Использование их для пациентов с острыми заболеваниями дыхательных путей приводит к позитивным микробиологическим изменениям, снижению количества патогенной флоры верхних дыхательных путей.

Ключевые слова: верхние дыхательные пути, рециркуляторы воздуха, патогенные микроорганизмы

BIOCIDAL POSSIBILITIES OF AIR RECIRCULATORS

Gizinger Oksana Anatolyevna[1], Krylov Alexander Petrovich[2]
[1]RUDN «Medical Institute» Moscow, Russia
[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «MGIMO University of the Ministry of Foreign Affairs of Russia», Moscow, Russia
[1]OGizinger@gmail.com, [2]Alex0000007@gmail.com

Annotation: *The Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare has developed recommendations for employers on the prevention of new coronavirus infection (COVID-19) among employees, subject to which it is possible to carry out economic activities. According to which it is recommended to use bactericidal irradiators of recirculating air in rooms with a constant presence of workers. The use of air recirculators in patients with acute respiratory tract diseases leads to positive microbiological changes, a decrease in the number of pathogenic flora of the upper respiratory tract*

Key words: *upper respiratory tract, air recirculators, pathogenic microorganisms*

Офисные и промышленные рециркуляторы воздуха и бактерицидные облучатели становятся необходимыми в условиях современной эпидемиологической обстановки. Данные устройства уничтожают до 100% бактерий и вирусов, которые находятся в воздухе и представляют опасность для здоровья окружающих. Рециркуляторы закрытого типа

безопасны для людей, животных и окружающей среды [1]. Их применяют как в обычных бытовых условиях, так и на предприятиях и в общественных организациях.

В исследованиях Н.В. Корновой и О.А. Гизингер показано наличие патогенов на поверхности глоточной миндалины у организованных детей, посещающих учебные заведения (рис. 1).

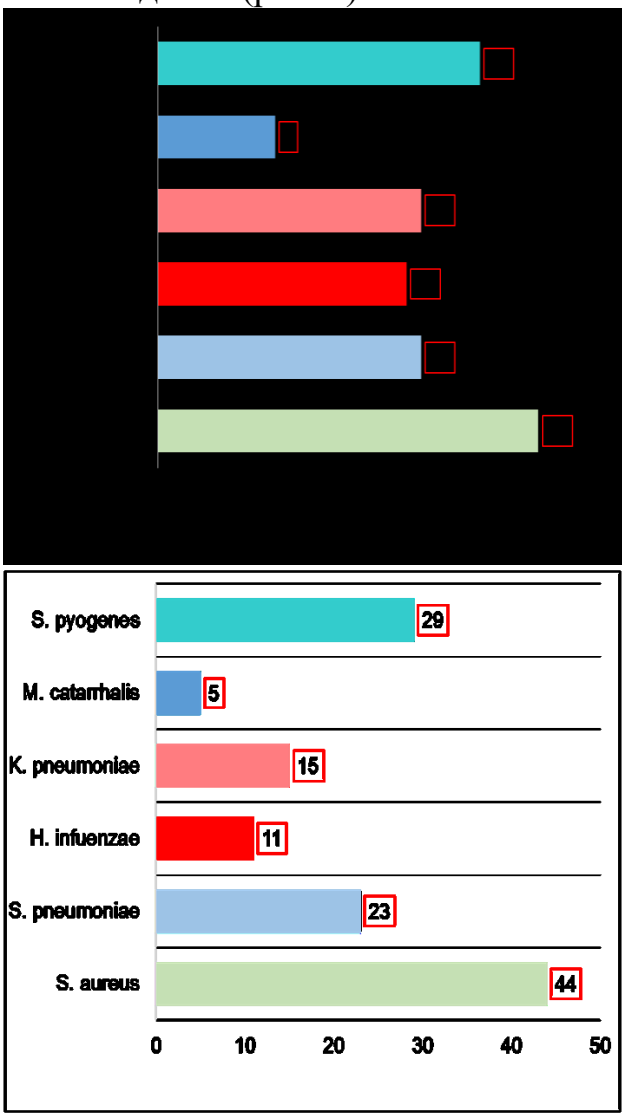


Рис. 1. Количественный и качественный состав микробиоты глоточной миндалины (1) и назального секрета (2) (г. Челябинск, Гизингер О.А., Корнова Н.В., 2019) у организованных детей в возрасте 5-11лет

Пневмококки, являясь одними из самых распространенных респираторных патогенов, способны подавлять факторы врожденной антимикробной защиты, манипулируя иммунными механизмами супрессии при гиперреактивности иммунного ответа, связывая иммуносупрессорные рецепторы [2], усиливая воспаление, используя при

этом механизмы защиты человека, играют вне зоны своей ответственности на «инструментах» для них не предназначенных [3]. Авторы [4] свидетельствуют о том, что хронические инфекции вызванные стрептококками отличаются от острых образованием биопленок, а фагоциты макроорганизма в меньшей мере способны поглощать биопленки в отличие от единичных клеток. Количественный и качественный состав микробиоты слизистых оболочек полости носа у детей, находящихся в помещении с рециркулятором воздуха достоверно отличался в сторону снижения количества патогенов и условно-патогенных форм. Использование рециркуляторов воздуха у пациентов с острыми заболеваниями дыхательных путей приводит к позитивным микробиологическим изменениям (рис. 2).



Рис. 2. Использование рециркуляторов воздуха у пациентов с острыми заболеваниями дыхательных путей

О преимуществе использования рециркуляторов воздуха свидетельствуют представленные графики. У детей, находившихся с рециркуляторами воздуха, осложнения острых респираторных инфекций регистрировались в 2,6 раза реже, Трансформация ринита в гнойный снижалась на 7,5 % при использовании рециркуляторов воздуха, была повышена на 22 % относительно показателей группы сравнения, находившихся в стандартных (сопоставимых) с группой 1 условиях, но без рециркуляторов воздуха. Исследование функциональной активности фагоцитов глоточной миндалины до и после 30 дневного, трех месячного использования рециркулятора воздуха в помещении, выявило положительные изменения в качественном состоянии фагоцитирующих клеток и их функционально-метаболическом статусе, выраженном в повышении активности фагоцитоза, лизосомальной активности, интенсивности фагоцитоза (рис. 3).

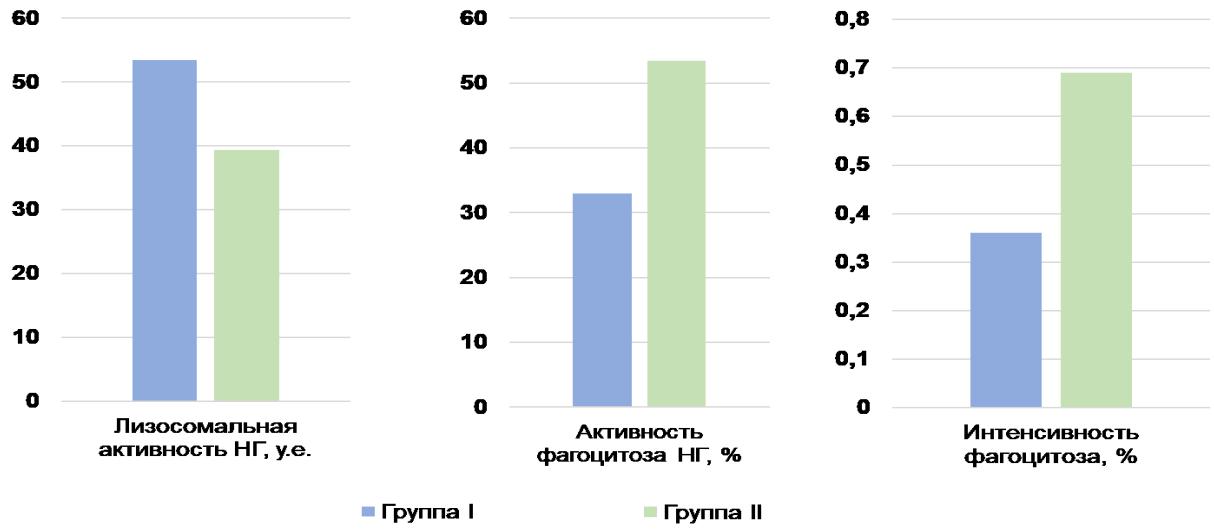


Рис. 3. Исследование глоточной миндалины до и после 30- дневного, трех месячного использования рециркулятора воздуха в закрытом помещении

Использование рециркуляторов воздуха в закрытых помещениях достоверно снижает обсемененность патогенными микроорганизмами слизистых оболочек дыхательных путей.

У детей, находившихся в помещении с рециркуляторами воздуха, осложнения острых респираторных инфекций регистрировались в 2,6 раза реже, трансформация ринита в гнойный ринит снижалась на 7,5 %.

Источники

1. Механизмы патогенеза инфекционно-воспалительной патологии органов дыхательной системы. М.: 2020. 264 с.

2. Степаненко И. С. Исследование чувствительности Streptococcus pyogenes, выделенных из зева, к традиционным антибиотикам // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №. 6-2 (60).

3. Hoiby N. et al. CMI 2015; 21 (suppl. 1): S1-S2.

4. Wolcott R.D., Ehrlich G.D. // JAMA. 2016. V. 299. P. 2682

УДК 628.972:629.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ КУПЕ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Горбунов Алексей Алексеевич [1], Карякина Светлана Сергеевна [2]

[1,2]ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»,

г. Саранск, Мордовия

[1]alexdsmail@mail.ru, [2]svetlana.karyakina.82@mail.ru

Аннотация: Современные требования повышения энергоэффективности объектов железной дороги определяют необходимость модернизации системы освещения и замену морально устаревших люминесцентных светильников на новые более экономичные и энергоэффективные светодиодные.

Замена обычных ламп на *LED*-светильники требует затрат, однако эти расходы окупаются за небольшой промежуток времени за счет экономии электроэнергии. Применение светодиодных ламп позволяет снизить потребление электроэнергии в режимах общего, дежурного и ночного освещения в 8-10 раз, увеличить срок службы источника света в этих режимах в 50 раз. При этом, светодиодные лампы более пожаробезопасны и экологичны, чем люминесцентные, так как не нагреваются в процессе работы и не содержат опасных для здоровья веществ.

В данной статье представлены экспериментальные данные исследования электрических и световых характеристик потолочного светильника с двумя двухцокольными люминесцентными лампами мощностью 18 Вт [1-3] и лампами накаливания для аварийного освещения, предназначенного для общего освещения пассажирских вагонов с целью разработки аналога на основе светодиодов [4-6].

Ключевые слова: купе пассажирского вагона, светильник, люминесцентная лампа, характеристика, светодиод.

STUDY OF ELECTRICAL AND LIGHTING CHARACTERISTICS OF THE EXPERIMENTAL LIGHTER FOR LIGHTING PASSENGER CAR COUPERS

Gorbunov Aleksei Alekseevich [1], Karyakina Svetlana Sergeevna [2]

[1]Ogarev Mordovia State University, Saransk, Mordovia

[1]alexdsmail@mail.ru, [2]svetlana.karyakina.82@mail.ru

Abstract: *Modern requirements for improving the energy efficiency of railroad facilities determine the need to modernize the lighting system and replace obsolete fluorescent lamps with new more economical and energy-efficient LED lights.*

Replacing conventional lamps with LED lighting fixtures requires costs, but these costs are recouped within a short period of time due to energy savings. The use of LED lamps can reduce electricity consumption in general, duty and night modes by 8-10 times, and

increase the life of the light source in these modes by 50 times. In this case, LED lamps are more fire-safe and environmentally friendly than fluorescent lamps, as they do not heat up during operation and do not contain substances hazardous to health.

This article presents experimental data of the study of electrical and lighting characteristics of a ceiling lamp with two two-ring fluorescent lamps of 18 W and incandescent lamps for emergency lighting, designed for general lighting of passenger cars in order to develop an analogue based on LEDs.

Keywords: *passenger car compartment, luminaire, fluorescent lamp, characteristic, LED.*

В лаборатории на базе Института электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» были измерены электрические, световые и колориметрические характеристики экспериментального образца светильника. Результаты измерения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерений электрических и световых характеристик

Характеристика	Значение
Напряжение, В	220
Мощность, Вт	20
Световой поток, лм	1220
Световая отдача, лм/Вт	60
Цветовая температура, К	6450
Индекс цветопередачи	69

На рис. 1 представлена кривая силы света (КСС) и спектр исследуемого образца светильника.

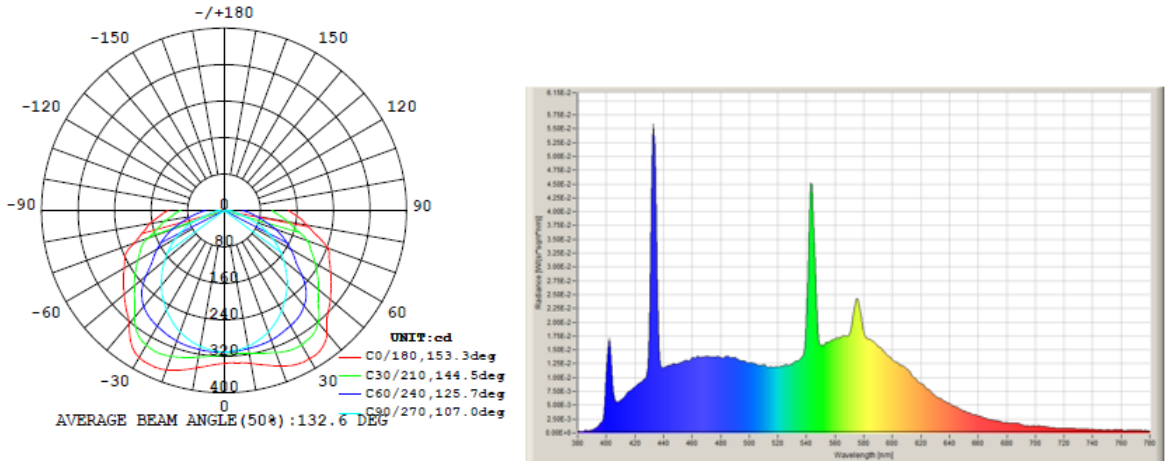


Рис. 1. КСС и спектр исследуемого образца светильника

Полученные данные станут исходными для проектирования светового прибора [4-6] для освещения купе пассажирских вагонов на основе светодиодов.

Источники

1. Горбунов А.А., Микаева А.С., Микаева С.А. Исследования по повышению качества и экологичности люминесцентных ламп. Автоматизация. Современные технологии. 2018. Т. 72. № 7. С. 317-319.

2. Микаева А.С., Микаева С.А., Горбунов А.А. Повышение качества и экологичности люминесцентных ламп. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2017. № 11 (248). С. 52-56.

3. Микаева С.А., Микаева А.С., Горбунов А.А. Повышение качества и экологичности при сборке люминесцентных ламп. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017. № 8. С. 352-354.

4. Горбунов А.А., Калабкин А.А., Микаева С.А. Светодиодный светильник для низковольтных сетей. Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 4. С. 163-166.

5. Микаева С.А., Горбунов А.А., Панкратов О.В. Моделирование аквариумного светильника. Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 7. С. 314-316.

6. Зубов А.В., Горбунов А.А., Карякина С.С. Разработка макетного образца светодиодного светильника типа Downlight. В сборнике: XLIX Огарёвские чтения. материалы научной конференции: в 3 частях. Саранск, 2021. С. 445-450.

УДК 628.955

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ИАГГ: CE КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАДИАЦИОННЫМ СИНТЕЗОМ

Гречкина Татьяна Валерьевна[1], Ермолаев Александр Валерьевич[2],
Лисицын Виктор Михайлович [3]
[1, 2, 3]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия
[1]greta_tv@tpu.ru, [2]alexermv@mail.ru, [3]lisitsyn@tpu.ru

Аннотация: в статье описаны результаты исследования люминесценции ИАГГ:Ce керамики, впервые полученной методом радиационного синтеза.
Ключевые слова: иттрий-алюминиевый гранат, радиационный синтез, люминесценция.

LUMINESCENCE OF YAGG: CE CERAMICS OBTAINED BY RADIATION SYNTHESIS

Grechkina Tatyana Valerievna[1], Ermolaev Alexander Valerievich[2],
Lisitsyn Victor Mikhailovich [3]
[1,2,3] GAOU VO «National Research Tomsk Polytechnic University», Tomsk, Russia
[1]greta_tv@tpu.ru, [2]alexermv@mail.ru, [3]lisitsyn@tpu.ru

Abstract: *The article describes the results of the study of luminescence of YAGG:Ce ceramics, first obtained by radiation synthesis.*
Keywords: *yttrium-aluminum-garnet, radiation synthesis, luminescence.*

Активированные церием люминофоры керамика на основе иттрий-алюминиевого граната (ИАГ:Ce) являются самыми распространенными для использования в светодиодах. С этими люминофорами достигнута максимальная световая отдача СД. Изменением состава активаторов и модификаторов удается решать проблему достижения нужной цветности. Одним из возможных приемов изменения спектра люминесценции ИАГ:Ce люминофоров является частичная замена в решетке алюминия на галлий. Такие люминофоры называются ИАГГ:Ce. Впервые исследования таких систем, полученных методами твердофазного синтеза, были проведены в [1]. Более полные исследования затруднены сложностью синтеза и плохой воспроизводимостью при синтезе. В настоящей работе представлены результаты исследование ИАГГ:Ce керамики с различным соотношением Al/Ga, полученной методом радиационного синтеза. Возможность

использования радиации для синтеза керамики из тугоплавких оксидов была продемонстрирована на примере иттрий алюминиевого граната ИАГ:Ce [2]. Показано, что синтез керамики реализуется за время, равное 1с, поэтому имеется возможность проведения исследований большого количества вариантов систем.

Для синтеза были использованы промышленные порошки оксидов Y, Al, Ga, Ce. Для синтеза порошки смешивались в стехиометрическом соотношении, приведенном в таблице 1. Полученная шихта насыпалась в массивный медный тигель с размерами 120х50х40мм. Синтез осуществлялся путем прямого воздействия на шихту потока электронов с энергией 1.4 МэВ и плотностью мощности 18-25 кВт/см^2 ускорителя ЭЛВ-6. Поток сканировал в перпендикулярном направлении по поверхности тигля, перемещаясь относительно сканирующего пучка со скоростью 1см·с$^{-1}$.

Таблица 1

Составы шихты для синтеза ИАГГ:Ce. Номер образца – из сквозного списка образцов у авторов

№	Образец	Состав шихты	Al/Ga
124	$Y_3Al_5O_{12}$: Ce.	Al_2O_3(42%) + Y_2O_3 (57%) + Ce_2O_3 (1%)	5/0
125	$Y_3Al_4GaO_{12}$: Ce	Al_2O_3(32%) + Y_2O_3 (52%) + Ga_2O_3(1) (15%) + Ce_2O_3 (1%)	4/1
126	$Y_3Al_4GaO_{12}$: Ce	Al_2O_3(32%) + Y_2O_3 (52%) + Ga_2O_3(1) (15%) + Ce_2O_3 (1%)	4/1
127	$Y_3Al_3Ga_2O_{12}$: Ce	Al_2O_3(23%) + Y_2O_3 (50%) + Ga_2O_3(1) (26%) + Ce_2O_3 (1%)	3/2
128	$Y_3Al_2Ga_3O_{12}$:Ce	Al_2O_3(14%) + Y_2O_3 (47%) + Ga_2O_3(1) (38%) + Ce_2O_3 (1%)	2/3
129	$Y_3AlGa_4O_{12}$:Ce	Al_2O_3(7%) + Y_2O_3 (44%) + Ga_2O_3(1) (48%) + Ce_2O_3 (1%)	1/4
131	$Y_3Ga_5O_{12}$: Ce	Y_2O_3 (54%) + Ga_2O_3(1) (45%) + Ce_2O_3 (1%)	0/5

На рис. 1 приведены примеры фотографий образцов синтезированных материалов.

При синтезе в тигле формируются каплеобразные образцы керамики неправильной формы и размерами до 30х20х5 мм. Количество, формы и

расположение образцов в тиглях в разных экспериментах различаются. Количество образцов разных форм могло достигать 15-20 штук.



Рис. 1. Фотография образцов синтезированных материалов

Спектры люминесценции были измерены с помощью спектрофотометра Avantes AvaSpec-2048L при возбуждении излучением чипа с λ_{em} = 450нм. Для измерения образцы керамики измельчались, полученный порошок помещался в кюветы-шайбы для измерений спектров люминесценции.

На рис. 2 приведены результаты измерений спектров ФЛ ИАГГ:Ce керамики. Интенсивности приведены в относительных единицах для того, чтобы показать качественное изменение спектров.

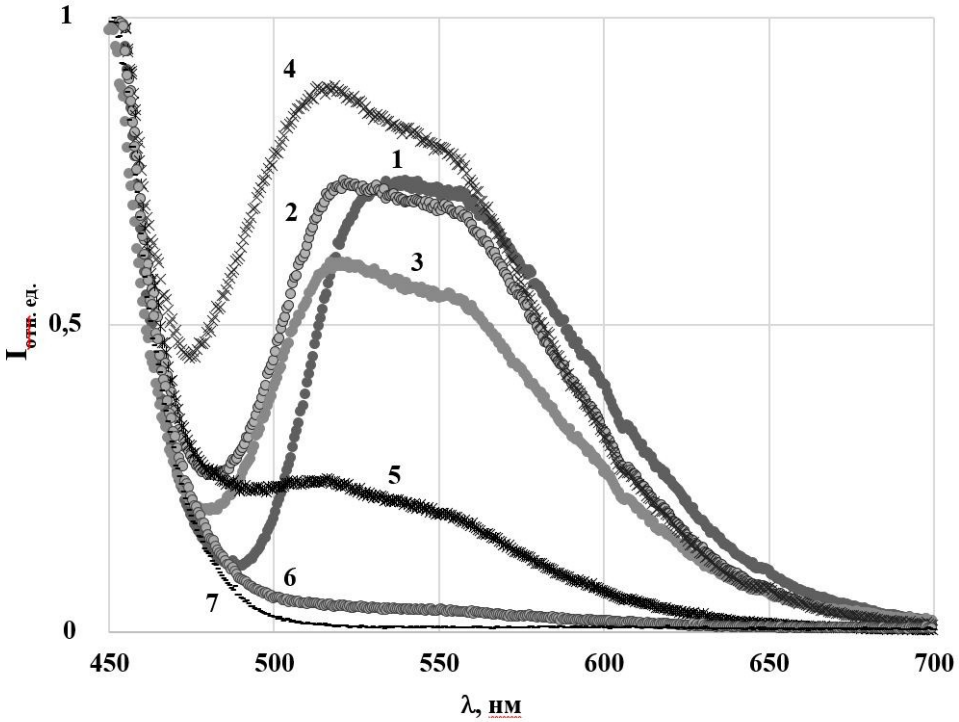


Рис. 2. Спектры люминесценции образцов ИАГГ:Ce керамики
с разным соотношением ***Al/Ga:*** 1- 5/0, 2 -4/1, 3- 4/1, 4 - 3/2, 5 – 2/3, 6 –1/4, 7 - 0/5

Как следует из представленных результатов исследований, с уменьшением соотношения *Al/Ga* имеет место трансформация спектров люминесценции. В образцах $Y_3Al_5O_{12}$:Ce наблюдается полоса с максимумом на 540 нм. Замещение *Al* на *Ga* приводит к уширению полосы в УФ область, появлению дополнительного пика люминесценции на 510нм. Интенсивность люминесценции с уменьшением отношения *Al/Ga* падает, люминесценция исчезает при значениях <1/4. Эта тенденция подобна наблюдавшейся в [1] при исследовании образцов, синтезированных термическим методом.

Таблица 2.

Яркости люминофоров, полученных методом радиационного синтеза и СДЛ 4000 и YAG – 02

Образец	**Яркость, кд/м^2**
124	5380
125	3260
126	2410
127	3120
128	321
129	160
131	0
SDL 4000	4720
YAG - 02	7690

Для оценки эффективности преобразования излучения возбуждения в люминесценцию были проведены измерения яркости порошков из керамики с помощью яркометра CS-200. Яркость люминофора прямо пропорциональна потоку люминесценции. Поэтому путем сопоставления яркостей испытуемого люминофора с яркостью эталона (или образца, принятого за эталон) можно получить информацию об относительной эффективноссти преобразования.

Нами были выполнены исследования относительной эффективности преобразования возбуждающего излучения (чип с λ=450нм) в люминесценцию синтезированных в поле радиации образцов керамики с разным соотношением Al/Ga. В качестве образцовых (эталонов), относительно которых измерялась яркость исследуемых образцов были выбраны промышленные люминофоры СДЛ 4000 (НПО «Платан», РФ) и YAG – 02 («*Grand Lux Optoelectronics Co.Ltd*», КНР).

Результаты измерений яркости представлены в табл. 2 и на рис. 3, относительной эффективности преобразования излучения чипа в люминесценцию. Там же приведены результаты измерения яркостей полученных люминофоров СДЛ 4000 и YAG–02. Измерения яркостей проводилось многократно для каждого образца и серии образцов, полученной в одном эксперименте. В таблице приведены усредненные значения измерений.

Наглядное представление о яркости полученных радиационным методом люминофоров относительно промышленных можно составить из приведенных на рисунке 3 диаграмм.

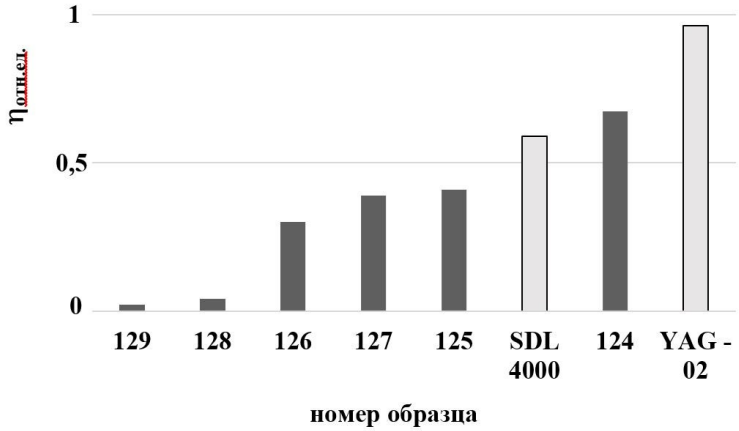


Рис. 3. Относительные эффективности преобразования излучения чипа люминофорами

Таким образом, замещение ионов алюминия ионами галлия приводит к уширению полосы люминесценции. Следовательно, СД с таким люминофором будет иметь лучшие цветовые характеристики, выше индекс цветопередачи. Интенсивность люминесценции при этом снижается, то есть снижается эффективность преобразования излучения чипа в люминесценцию. При относительно малых количествах замещения галлием ионов алюминия эффективности преобразования сопоставима с получаемыми для люминофора без введения модификатора. Обнаруженные тенденции хорошо соответствуют известным для люминофоров с переменным составом Al/Ga. Это означает, что радиационным синтезом можно получить керамику, люминофор высокого качества без сложных процедур при использовании метода твердофазного синтеза. Можно сделать и следующее важное заключение: при радиационном синтезе происходит интенсивное перемешивание исходных оксидов с образование новой фазы.

Источники

1. Yu. Zorenko a,n, T. Zorenko a,b, P. Malinowski a, O. Sidletskiy c, S. Neicheva c Luminescent properties of Y3Al5_xGaxO12:Ce crystals. Journal of Luminescence 156 (2014) 102–107.

2. V M Lisitsyn, M G Golkovsky, D A Musakhanov, A T Tulegenova, Kh A Abdullin and M B Aitzhanov «YAG based phosphors, synthesized in a field of radiation», IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series,V. 1115, P. 052007, 2018.

УДК 628.979

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Денисова Алина Ренатовна [1], Залилова Римма Азатовна [2], Исаева Ольга Витальевна [3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1] denisova_ar@mail.ru, [2] zaiilova@bk.ru, [3] isaeva.olga01@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается влияние светодиодного излучения на здоровье человека. Авторами даются рекомендации по выбору оптимальных и безопасных параметров LED-светильников.

Ключевые слова: безопасность, светодиод, синий свет, здоровье глаз, энергоэффективность.

EVALUATION OF THE SAFETY OF LIGHT-EMITTING DIODE RADIATION

Denisova Alina Renatovna [1], Zalilova Rimma Azatovna [2], Isaeva Olga Vitalievna [3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]denisova_ar@mail.ru, [2] zaiilova@bk.ru[3] *,isaeva.olga01@mail.ru*

Annotation: *The paper considers the influence of LED radiation on human health. The authors give recommendations on the choice of optimal and safe parameters of LED-lamps.*

Keywords: *safety, LEDs, blue light, eye health, energy efficiency.*

Совсем недавно светодиоды были лишь устройствами индикации, а теперь это энергоэффективные источники света, которые стремятся заменить все виды ламп. Однако следует разобраться в безопасности этого источника света. Для оценки безопасности светового излучения видимого спектра существует международный стандарт *EN* 62471 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем». В соответствии с этим стандартом, выделяются четыре группы риска, в которых указывается максимальное время воздействия освещения от исследуемого источника света. По сравнению с традиционными лампами накаливания, относящимися к нулевой или первой группе риска, светодиодное освещение относится ко второй группе, где максимальное время воздействия возможно от 0,25 до 100 секунд.

Основой классического светодиода белого цвета свечения является структура *InGaN*, излучающая на длине волны 470 nm (синий цвет) и нанесенный сверху на нее люминофор (специальный состав), излучающий в широком диапазоне видимого спектра и имеющий максимум в его

желтый части. Человеческий глаз комбинацию такого рода воспринимает как белый цвет. Французское национальное агентство санитарной безопасности питания, окружающей среды и труда *Anses* пришло к выводу, что светодиодные лампы вредны для глаз, в первую очередь, детских. [1, 2].

Учеными доказано, что синий свет отрицательно влияет на сетчатку глаза и влияние это зависит от возраста (табл. 1) [1]. По данной таблице можно видеть, что опасность синего излучения снижается с увеличением возраста. У взрослых людей хрусталик глаза по мере того, как он становится желтым, и макулярные пигменты частично защищают от этих негативных воздействий благодаря своей способности поглощать синий свет. Эти защитные механизмы слабее у детей, т.к. хрусталики их глаз прозрачные.

Таблица 1

Зависимость возраста человека от проницаемости глаза к синему излучению

Длина волны	Возраст < 9 лет	Возраст 10 лет	60-70 лет
400 nm	15 % достигает сетчатки	15 % достигает сетчатки	1 % достигает сетчатки
460 nm	65 % достигает сетчатки	60 % достигает сетчатки	40 % достигает сетчатки

Именно голубой свет несет риск для глаз, в первую очередь, для сетчатки, очень чувствительной к ультрафиолетовому свету. Разные пигменты, присутствующие в фотоэлементах такого света, могут вызвать реакцию, лежащую в основе окислительного стресса.

Производимые таким излучением травмы сетчатки глаза традиционно классифицируются на три типа: фотомеханические (ударная энергия волны световой энергии), фототермические (при облучении происходит нагревание ткани клетчатки), фотохимические (фотоны света могут вызывать химические изменения в макромолекулах) [3]. Травмы влекут нарушение работы зрительной системы, что может привести к проблемам со зрением и даже к слепоте.

Абрахам Хаим из Университета Хайфы в Израиле считает белые светодиоды формой «светового загрязнения». Он провел исследования, показывающие, что синий свет может нарушать циркадные гормоны у ночных животных. А именно, он подавляет выработку мелатонина в шишковидной железе мозга, который регулирует наши биологические

часы и известен своими антиоксидантными и противораковыми свойствами.

В связи с этим действующий свод правил проектирования и эксплуатации систем освещения [4] ограничивает использование светодиодных светильников. В частности там указывается, что в дошкольных образовательных организациях, а также в основных функциональных помещениях лечебно-профилактических учреждений следует применять люминесцентные (в том числе компактные) лампы и галогенные лампы накаливания. Использование светодиодных источников света в указанных помещениях не разрешается.

Еще одной потенциальной опасностью светодиодных ламп является мерцание. Некоторая сенсорная информация не воспринимается, а некоторые восприятия неточно отражают внешние условия. В результате люди, страдающие чувствительностью к мерцанию, могут не осознавать, что именно оно является причиной их страданий, таких как изменение гормонального фона, снижения работоспособности, утомляемость, изменение естественных суточных ритмов, поскольку высокочастотные вспышки едва заметны невооруженным глазом.

Оценку пульсации освещения согласно [4] проводят коэффициентом пульсации освещенности Кп. Это критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током. На сегодня у большинства светильников и светодиодных ламп величина пульсаций у большинства ламп не превышает 1%.

«Реальная проблема с точки зрения общественного здравоохранения заключается в том, что у нас действительно недостаточно знаний о фактическом воздействии ультрафиолетового излучения», – говорит Маттссон, возглавлявший *SCENIHR* в 2012 году.

В связи с вышесказанным является важным соблюдать рекомендации, направленные на снижение негативного влияния светодиодного освещения. В первую очередь важно понимать, что никакое искусственное освещение не способно заменить естественный солнечный свет, следовательно, и взрослым и детям необходимо находится определенное время на свежем воздухе и обеспечить максимальное проникновение солнечного света в помещения. Кроме того, необходимо внимательно относиться к бытовому и офисному освещению. В качестве основного освещения в квартире рекомендованы источники света с температурой свечения T_c = 3000-4000 K , а в гостиных и комнатах отдыха

нужно выбирать лампы с T_c = 2500-3000 K, имитирующие теплый свет от лампы накаливания.

Необходимо обратить внимание на интенсивность свечения, максимально использовать рассеянный и отраженный свет. Мы рекомендуем в помещениях с комбинированным освещением использовать системы автоматического регулирования светового потока [5, 6]. Так же качество используемых ламп и светильников имеет особое значение в вопросах безопасности.

Чтобы не нарушать режим дня и ночи рекомендуется: использовать тусклое освещение красного спектра; не смотреть на яркий экран за 2-3 часа перед сном; при работе в ночное время с большим количеством электронных устройств носить специальные очки, блокирующие синий спектр.

Источники

1. Health Effects of Artificial Light Health Effects of Exposure to EMF. The SCENIHR adopted this opinion at the 28th plenary on 19 January 2009, p.12-19.

2. Health Effects of Artificial Light. Scientific committee on emerging and newly identified health risks. The SCENIHR adopted this opinion at its 17th plenary meeting on 19 March 2012, p. 25-28.

3. Леонидов А.В. Методика определения эффективных режимов воздействия оптического излучения при управлении циркадианной активностью организма человека // Светотехника. 2020. № 5. С. 44–51.

4. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». https://docs.cntd.ru/document/456054197.

5. Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г. Повышение энергоэффективности при использовании системы автоматического регулирования светового потока // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 1(58). С. 38-39.

6. Абдуллина Г.Р., Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г. Энергоэффективный способ энергосбережения с помощью светильников с датчиками // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 324-327.

УДК628.955

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СИНТЕЗИРОВАННЫХ В ПОЛЕ РАДИАЦИИ ОБРАЗЦОВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ФТОРИДОВ МЕТАЛЛОВ

Жунусбеков Амангельды Магмурович[1], Стрелкова Асель Викторовна[2],
Лисицына Людмила Александровна[3], Карипбаев Жакып Тлеубаевич[4]
[1,2,4]Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Нур-Султан, Казахстан,
[3]ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Россия
[1]sunaman@mail.ru , [2]a.strelkova@nurorda.kz, [3]lisitsyna@mail.ru, [4]zf1@mail.ru

Аннотация: Впервые доказана возможность радиационного синтеза керамики для люминофоров на основе сложных фторидов щелочноземельных металлов. При радиационном синтезе возможно введение в качестве активатора ионов вольфрама, что невозможно сделать при термическом синтезе. Показано, что в спектре фотолюминесценции наблюдается характерная для активированных образцов полоса, обусловленная введением вольфрама.

Ключевые слова: светодиод, люминофор, фториды металл, синтез, свойство

PHOTOLUMINESCENCE OF CERAMICS SYNTHESIZED IN THE RADIATION FIELD BASED ON METAL FLUORIDES

Zhunusbekov Amangeldy Magmurovich[1], Strelkova Asel Viktorovna[2],
Lisitsyna Lyudmila Aleksandrovna[3], Karipbaev Zhakyp Tleubaevich[4]
[1,2,4]Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan,
[3]FGBOU VO «Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering», Tomsk, Russia
[1]sunaman@mail.ru , [2]a.strelkova@nurorda.kz , [3]lisitsyna@mail.ru, [4]zf1@mail.ru

Abstract: *For the first time, the possibility of radiation synthesis of ceramics for phosphors based on complex fluorides of alkaline earth metals was proved. With radiation synthesis, it is possible to introduce tungsten ions as an activator, which cannot be done with thermal synthesis. It is shown that in the spectrum of photoluminescence there is a band characteristic of activated samples due to the introduction of tungsten.*

Keywords: *LED, phosphor, metal fluoride, synthesis, propertie.*

Активированные поливалентными ионами материалы на оснвове фторидов металлов перспективны для использования в качестве люминофоров для светодиодов.

Высокая эффективность люминесцирующего материала достигается введением в кристаллическую решетку эффективных центров свечения, активаторов – обычно ионов редкоземельных металлов, поливалентных ионов. Существует противоречие: для того, чтобы энергия возбуждения передавалась центру свечения с высокой эффективностью решетка кристалла должна быть совершенной. Введение же ионов активатора возможно только при условии существования возможности их встраивания в решетку, то есть существования дефектов структуры. Потому в кристаллы с хорошо упорядоченной структурой трудно ввести примеси, тем более в больших количествах. Введение активатора в кристаллы облегчается созданием условий для искажения решетки, созданием условий для формирования сложной решетки. Примером является кристалл $LiYF_4$ с активаторами [1–3]. Сложная структура LiYF4 получается при синтезе из LiF и YF_3 с решетками кубической сингонии (пространственная группа F m3m) и ромбической сингонии (пространственная группа Pnma). В такой структуре содержится множество собственных дефектов, с участием которых возможно введение больших концентраций ионов активаторов.

Возможным вариантом матрицы для получения активированного поливалентными ионами – активаторами материала является $BaMgF_4$, который получается из BaF_2 с решеткой флюорита и MgF_2 с решеткой рутила. Перспективным для получения керамики на основе тугоплавких материалов является радиационный синтез. Возможность использования радиации для синтеза MgF_2 керамики была продемонстрирована в работе [4].

Настоящая работа имеет целью показать возможность синтеза люминесцирующей керамики $BaMgF_4$, активированной вольфрамом в мощном потоке жесткой радиации.

Для синтеза были использованы промышленные порошки фторидов Ba и Mg. Готовилась шихта из ОСЧ порошков фторидов металлов. Для синтеза $Ba_xMg_{(2-x)}F_4$ исходный состав шихты содержал Ba в количестве x=1, 0.5, что соответствовало составам $BaMgF_4$, $Ba_{0.5}Mg_{(1.5)}F_4$ при относительных весовых соотношениях порошков фторидов Ba и Mg: BaF_2 (73.8%)+MgF_2(26.2%) и BaF_2(48%) + MgF_2(51%). Активатор добавлялся в шихту в виде порошка WO_3 в количестве 1% от общего веса шихты. Подготовленная смесь засыпалась в тигель в количестве около 30г. Составы исходных веществ в шихте приведены в табл.1.

Образец	Состав шихты (вес. %)
$BaMgF_4$	BaF_2 (73.8%), MgF_2(26.2 %),
BaF_2: W	BaF_2 (99%), WO_3(1 %)
MgF_2: W	MgF_2 (99%), WO_3(1 %)
$BaMgF_4$:W	BaF_2 (73 %), MgF_2(26%), WO_3(1 %)
$Ba_{0.5}Mg_{1.5}F_4$:W	BaF_2(48 %)+MgF_2(51%)+WO_3(1 %)

Табл.1. Составы исходных веществ в шихте

Шихта насыпалась в массивный медный тигель с размерами 120x50x40 мм. Синтез осуществлялся путем прямого воздействия на шихту потока электронов с энергией 1.4 МэВ и плотностью мощности 18-25 кВт/см^2 ускорителя ЭЛВ-6. Поток сканировал поперек тигля, который перемещался относительно сканирующего пучка со скоростью 1 см·с$^{-1}$. Полное время облучения всего тигля – 10 с. В результате облучения получались образцы керамики, вид которых в тигле приведен на рис.1.

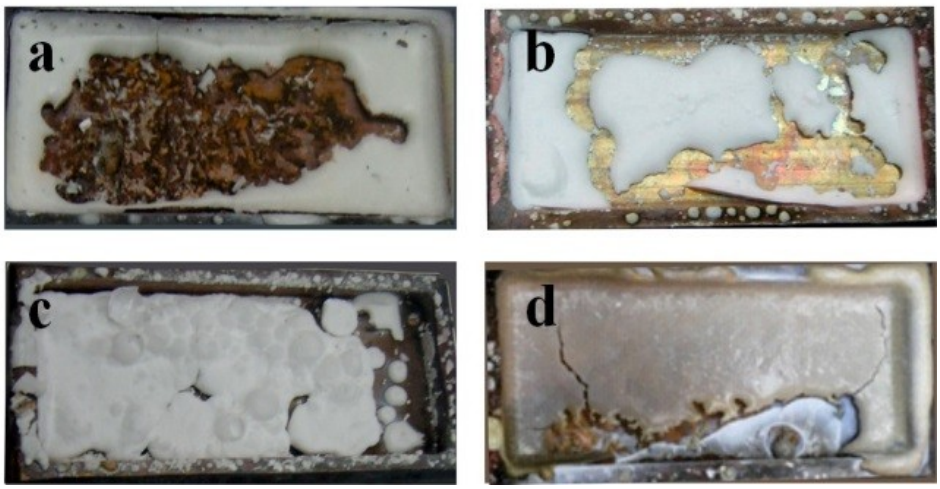


Рис. 1. Вид синтезированных образцов в тигле: $BaMgF_4$ (a), $BaMgF_4$:W (b), $Ba_{0.5}Mg_{1.5}F_4$:W (c), BaF_2 :W (d).

После синтеза образцы керамики извлекались из тигля. Для измерений люминесценции образцы измельчались для того, чтобы получить усредненную информацию о свойствах люминесценции образца. Измерялись спектры люминесценции и возбуждения. с помощью спектрометра СМ2203 *SOLAR*. В обобщенном виде спектры представлены на рис. 2 и 3. На вставках спектров люминесценции приведены спектры возбуждения.

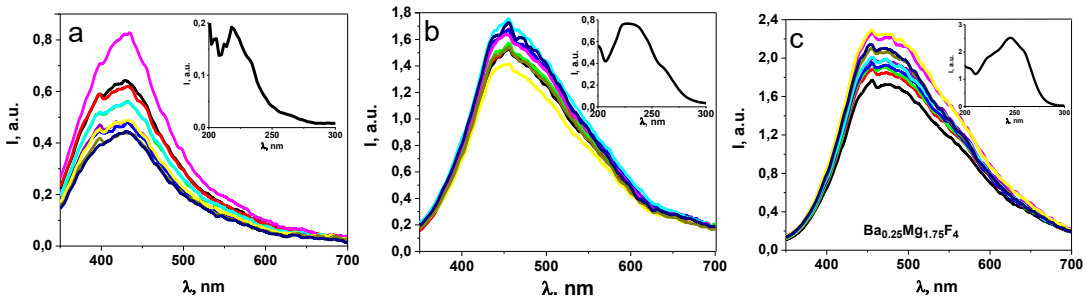


Рис. 2 Спектры ФЛ образцов
$Ba_xMg_{(2-x)}F_4$: $BaMgF_4$ (a), $BaMgF_4$-WO_3 (b), $Ba_{0,25}Mg_{1,75}F_4$ (c)

На рис. 2 приведены спектры люминесценции и возбуждения ФЛ образцов $Ba_xMg_{(2-x)}F_4$. Приведены спектры люминесценции люминофоров, полученных из одной серии образцов, что характеризует разброс в этой серии

В неактивированном вольфрамом $BaMgF_4$ возбуждается люминесценция УФ излучением с $\lambda<250$ нм, максимум полосы приходится на 430 нм. Люминесценция в активированных образцах возбуждается люминесценция излучением с $\lambda<280$ нм, максимум полосы приходится на 450-470нм.

На рис. 3 приведены результаты спектры люминесценции и возбуждения ФЛ активированных образцов $BaMgF_4$-WO_3, BaF_2-WO_3 , MgF_2- WO_3.

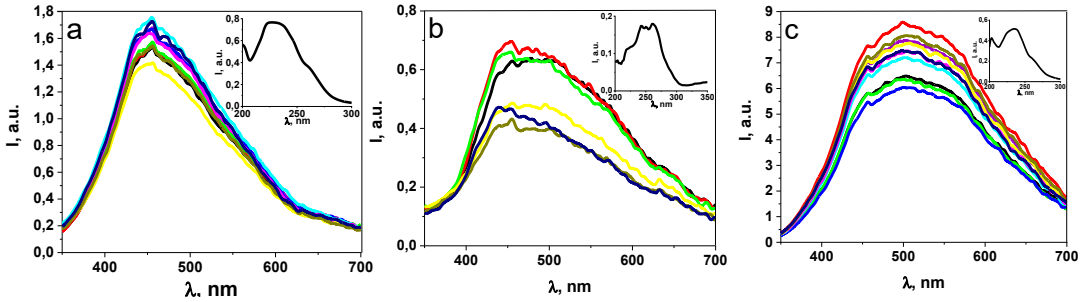


Рис.3 Спектры ФЛ образцов
$BaMgF_4$-WO_3 (a), BaF_2-WO_3 (b), MgF_2-W O_3 (c)

Люминесценция во всех активированных образцах возбуждается люминесценция излучением с $\lambda>280$ нм, максимум полосы приходится на 450–470 нм.

Таким образом, в полученных радиационным синтезом образцах керамики из шихты с введенным для активации WO_3 и без него спектры люминесценции и возбуждения различны. Спектры в $BaMgF_4$-WO_3, BaF_2-WO_3, MgF_2-WO_3 подобны. Можно считать, что методом радиационного

синтеза нам удалось ввести вольфрам в решетку исследованных материалов. Подчеркнем, что введение W в тугоплавкие кристаллы MeF_2 является трудной задачей. Температуры плавления BaF_2 и MgF_2 равны 1370 и 1260˚С. Поэтому синтез керамики, кристаллов на их основе может проводиться только в вакууме. Но при высоких температурах вольфрам образует газообразный гексафторид вольфрама, который улетучивается, вольфрам в формирующемся образце не сохраняется. При радиационном синтезе из-за высокой скорости процесса вольфрам не успевает покинуть зону, в которой реакция синтеза реализуется.

Источники

1. Renfro G.M., Halliburton L.E., Sibley W.A., Belt R.F. Radiation effects in $LiYF_4$// J.Phys. C: Solid St. Phys. 1980. V13, № 10. P. 1941 – 1950.

2. Morato S.P., Masedo T.C.A. Fand photochromic centers in LiYF4:Nd crystals// Rad.eff. 1983. V.72. № 1-4. P. 229 – 2351.

3. Atroshchenko L.V., Burachas S.F., Gal'chinetskii L.P. et al., Scintillator Crystals and Ionizing Radiation Detectors on Their Basis [in Russian], Naukova Dumka, Kiev (1998).

4. Lisitsyn V.M., Golkovskii M.G., Lisitsyna L.A., Dauletbekova A.K., Musakhanov D.A., Vaganov V.A., Tulegenova A.T., Karipbayev Zh.T., «MgF2–Based Luminescing Ceramics,» Russian Physics Journal. 2019. V.61. Issue 10. P. 1908–1913.

УДК 621-311.62

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОКАСКАДНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ДРАЙВЕРОВ, УСТОЙЧИВЫХ К ИМПУЛЬСНЫМ ПОМЕХАМ

Малышев Алексей Александрович
ООО «ММП-Ирбис», г. Москва, Россия
aleksey_m@mmp-irbis.ru, alex-m-el@rambler.ru

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы расчета, выбора элементов и защиты светодиодных драйверов на базе однокаскадных обратноходовых преобразователей-корректоров коэффициента мощности (ОПККМ) относительно их стойкости к высоковольтным импульсным помехам из сети. Приведены осциллограммы реальных процессов в схеме в момент воздействия импульсной помехи.

Ключевые слова: однокаскадный обратноходовый преобразователь-корректор коэффициента мощности, светодиодный драйвер, устойчивость к выбросам напряжения, электромагнитная совместимость, защита от перенапряжения.

DESIGN OF SURGE PROTECTED SINGLE-STAGE PFC-FLYBACK LED DRIVERS

Malyshev Aleksey Aleksandrovich
MMP-Irbis, LLC, Moscow, Russia
aleksey_m@mmp-irbis.ru, alex-m-el@rambler.ru

Abstract: *The article discusses design of surge protected single stage PFC-Flyback Converters for LED lighting applications. Recommendations of flyback operation mode and its switching elements selecting is presented. Waveforms of real process occurring in the converter circuit at high-voltage surge are presented.*

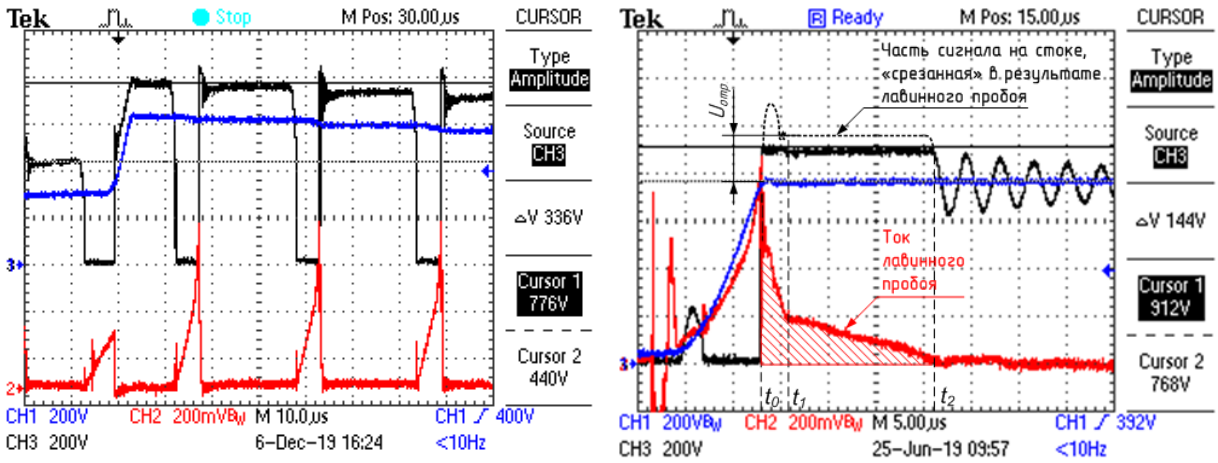
Keywords: *single stage PFC-Flyback Converter, LED driver, surge immunity, electromagnetic compatibility, overvoltage protection.*

Как известно, светодиодные драйверы на базе ОПККМ получили широкое распространение в осветительных устройствах малой и средней мощности с питанием от сети переменного тока [1]. Одной из особенностей ОПККМ является высокая уязвимость к высоковольтным импульсным помехам из сети, обусловленная отсутствием на его входе электролитического конденсатора. В то же время, осветительные приборы должны удовлетворять требованиям стандарта [2] и, в частности, [3].

При воздействии на вход ОПККМ импульсной помехи по [3] возможны два безопасных режима работы полупроводниковых приборов:

1) Преобразователь рассчитан таким образом, что напряжения на коммутирующем транзисторе и диоде выходного выпрямителя в момент воздействия помехи не превышают предельно допустимых (рис. 1, а).

2) Транзистор и диод выбраны таким образом, что при воздействии импульсной помехи они работают в режиме лавинного пробоя и рассеивают на себе часть энергии помехи (рис. 1, б). Эта энергия должна быть правильно оценена, иначе лавинный пробой перейдет в тепловой, в результате чего эти элементы выйдут из строя.



а) б)

Рис. 1. Осциллограммы процессов в ОПККМ в момент воздействия помехи

На основе исследований автора, представленных в [4] и [5], при проектировании ОПККМ необходимо учитывать следующее:

1) Входной фильтр электромагнитных помех (ЭМП) должен содержать элементы, ограничивающие входное напряжение ОПККМ. Максимально возможное импульсное входное напряжение $U_{вх.ИП}$ ОПККМ определяется напряжением ограничения варистора, расположенного непосредственно перед его входом. Проектирование фильтра ЭМП для различных уровней импульсных помех рассмотрено автором в [4 - 6].

2) Коэффициент трансформации $K=N_1/N_2$ трансформатора ОПККМ следует выбирать таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$\begin{cases} U_{\text{с–и,макс.}} > U_{\text{вх.ИП}} + U_{\text{вых}} \cdot K \\ U_{VD\text{обр.макс.}} > U_{\text{вых}} + \dfrac{U_{\text{вх.ИП}}}{K} \end{cases}$$

где $U_{с\text{-}и,макс.}$ и $U_{VDобр.макс.}$ – максимально допустимые напряжение сток-исток коммутирующего транзистора и обратное напряжение выходного диода, $U_{вых}$ – выходное напряжение ОПККМ. При этом энергии лавинного пробоя транзистора и диода будут определяться индуктивностью рассеяния трансформатора и будут иметь минимальное значение.

3) В ОПККМ необходимо применять транзисторы с высокой максимально допустимой энергией лавинного пробоя.

4) В момент выключения транзистора при повышенном входном напряжении существенно возрастают динамические потери. Для предотвращения выхода из строя транзистора схема управления должна максимально быстро его выключить.

5) Транзистор должен иметь минимальное время выключения и большой размер кристалла. *Поскольку эти два параметра являются взаимоисключающими, подбор транзистора представляет собой поиск приемлемого компромисса между ними с учетом цены.*

6) Для снижения динамических потерь при выключении транзистора между истоком и стоком необходима последовательная RC-цепочка.

7) Трассировка печатной платы должна быть выполнена схемотехнически грамотно.

8) Максимально допустимое напряжение «сток-исток» МОП-транзисторов прямо пропорционально температуре кристалла. В момент воздействия помехи начальная температура кристалла может быть достаточно высока. Поэтому запас по перегреву кристалла от энергии лавинного пробоя небольшой, но напряжение лавинного пробоя выше. Наоборот, при низких температурах окружающей среды пробивное напряжение ниже, однако больше запас по перегреву.

Источники

1. Малышев А.А. Выбор схемотехники светодиодного драйвера для различных областей применения // Полупроводниковая светотехника. 2021. №4. С. 22–28.

2. ГОСТ Р 51514 – 2013 (МЭК 61547:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость светового оборудования общего назначения к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.

3. ГОСТ IEC 61000-4-5 – 2017 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к выбросу напряжения.

4. Малышев А.А. Разработка источников питания для светодиодов с учетом требований по устойчивости к высоковольтным импульсным помехам // Полупроводниковая светотехника. 2020. №1. С. 21–29.

5. Малышев А.А. Защита однокаскадных обратноходовых преобразователей-корректоров коэффициента мощности от импульсных помех большой энергии // Практическая силовая электроника. 2021. №3 (83). С. 14–23.

6. Малышев А.А. Проблемы защиты элементов фильтра ЭМП при высоком уровне импульсных помех большой энергии // Практическая силовая электроника. 2021. №3 (83) С. 35–40.

УДК 621-311.62

ВЫБОР СХЕМОТЕХНИКИ СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА

Малышев Алексей Александрович
ООО «ММП-Ирбис», г. Москва, Россия
aleksey_m@mmp-irbis.ru, alex-m-el@rambler.ru

Аннотация: В статье проведен анализ особенностей различных областей применения светодиодных драйверов и даны рекомендации по оптимальному выбору его схемотехники в зависимости от решаемой задачи.

Ключевые слова: светодиодный драйвер, светодиодное освещение.

LED DRIVER TOPOLOGY SELECTION

Malyshev Aleksey Aleksandrovich
MMP-Irbis, LLC, Moscow, Russia
aleksey_m@mmp-irbis.ru, alex-m-el@rambler.ru

Abstract: *The article analyzes the features of various LED lighting applications. Recommendations on the optimal choice of LED driver topology are presented.*

Keywords: *LED driver topology, LED lighting.*

Классификация светодиодных драйверов с подробным рассмотрением характерных особенностей и модификаций различных топологий уже приводились в авторитетных научных журналах, например, [1]. В [2] сравниваются различные топологии светодиодных драйверов с низкими пульсациями выходного тока. На основе этой классификации и соображений, подробно описанных автором в [3], можно сформулировать практические рекомендации по выбору схемотехники светодиодного драйвера для различных областей применения.

1 Местное внутреннее освещение

Примеры: Настольные лампы, бра, освещение рабочих поверхностей.

Особенности:

- мощность 5...25 Вт
- необходимость гальванической изоляции;
- самые жесткие требования к коэффициенту пульсаций;
- диммируемые светодиодные драйверы предпочтительнее фиксированных;

- регулирование выходного тока осуществляется преимущественно с помощью органа управления, встроенного в светильник;
- низкая стоимость, простота схемы.

Рекомендуемая архитектура: ОПККМ с фиксированным выходным напряжением, стабилизированным по первичной стороне + понижающий DC-DC преобразователь-фильтр НЧ-пульсаций, стабилизированный по току.

2 Внутреннее общее освещение малой мощности (5...15 Вт)

Примеры: освещение лестниц, санузлов, технических помещений.

Особенности:

- низкая стоимость, простота схемы;
- допустима гальваническая связь с сетью;
- требования к пульсациям выходного тока обычно наименее жесткие;
- повышенная рабочая температура.

Рекомендуемая архитектура: Неизолированный понижающий регулятор-корректор коэффициента мощности, стабилизированный по току.

3 Общее внутреннее освещение, 25...60 Вт

Примеры: Светильники для офисов, учебных аудиторий, медицинских учреждений, учреждений общественного питания, культурно-массовых мероприятий, холлов общественных учреждений, магазинов.

Основные технико-экономические показатели:

- низкая стоимость, простота схемы;
- в большинстве случаев – фиксированный выходной ток;
- жесткие требования к коэффициенту пульсаций;
- жесткие требования к уровню генерируемых ЭМП;
- питающая сеть, как правило, стабильна и содержит низкий уровень помех;
- часто необходима гальваническая изоляция светодиодов от сети;
- щадящие условия эксплуатации (нормальные климатические условия);
- необходим низкий пусковой ток (часто к одной питающей линии подключается большое количество светильников).

Рекомендуемая архитектура: ОПККМ со стабилизацией тока по первичной стороне + линейный адаптивный фильтр НЧ-пульсаций. Особенности проектирования ОПККМ, устойчивого к сетевым импульсным помехам, рассмотрены автором в [4] и [5].

4 Внутреннее освещение с диммированием, 25...60 Вт

Основные технико-экономические показатели:

- жесткие требования к коэффициенту пульсаций;
- жесткие требования к уровню генерируемых ЭМП и акустическому шуму;
- питающая сеть, как правило, стабильна и содержит низкий уровень помех;
- часто необходима гальваническая изоляция светодиодов от сети;
- щадящие условия эксплуатации (нормальные климатические условия).

Управление по первичной стороне (DALI, PLC): ОПККМ+линейный адаптивный фильтр НЧ-пульсаций или двухкаскадная схема «ККМ+ООП» со стабилизацией тока по первичной стороне.

Управление по стороне нагрузки (0–10 В, ШИМ, потенциометр, блок ДУ): аналогичные топологии, но с обратной связью по вторичной стороне.

5 Наружное освещение, 25...100 Вт

Особенности:

- высокие требования к надежности;
- эксплуатация в жестких климатических условиях;
- питающая сеть содержит высокий уровень электромагнитных помех большой энергии вплоть до прямого попадания грозовых разрядов;
- в большинстве случаев необходима гальваническая изоляция;
- линии питания могут содержать большое количество светильников, поэтому актуальна проблема снижения пусковых токов.

Рекомендуемая архитектура: ОПККМ+линейный адаптивный фильтр или двухкаскадная схема с пленочными накопительными конденсаторами. Вопросы защиты светодиодного драйвера при экстремальном уровне импульсных помех в сети рассмотрены автором в [6].

6 Уличное освещение >100 Вт

Особенности: аналогичны предыдущей категории. Причем требования к надежности и проблема пусковых токов особенно важны.

Рекомендуемая архитектура: двухкаскадная схема с пленочными накопительными конденсаторами.

Источники

1. Sinan Li, Siew-Chong Tan, Chi Kwan Lee, Eberhard Waffenschmidt, S.Y.(Ron)Hui, ChiK. Tse. A Survey, Classification, and Critical Review of Light-Emitting Diode Drivers. – IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 31, NO. 2, FEBRUARY 2016

2. Ignacio Castro, Aitor Vazquez, Manuel Arias, Diego G. Lamar, Marta M. Hernando, Javier Sebastian. A Review on Flicker-Free AC–DC LED Drivers for Single-Phase and Three-Phase AC Power Grids. – IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 34, NO. 10, OCTOBER 2019

3. Малышев А. А. Выбор схемотехники светодиодного драйвера для различных областей применения // Полупроводниковая светотехника. 2021. №4. С. 22–28.

4. Малышев А. А. Разработка источников питания для светодиодов с учетом требований по устойчивости к высоковольтным импульсным помехам // Полупроводниковая светотехника. 2020. №1. С. 21–29.

5. Малышев А. А. Защита однокаскадных обратноходовых преобразователей-корректоров коэффициента мощности от импульсных помех большой энергии // Практическая силовая электроника. 2021. №3 (83). С. 14–23.

6. Малышев А. А. Проблемы защиты элементов фильтра ЭМП при высоком уровне импульсных помех большой энергии // Практическая силовая электроника. 2021. №3 (83) С. 35–40.

УДК 621.311.61

РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОНИЖАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДПЯ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ПРИБОРОВ

Махмудов Изатулло Шомуродович
Таджикский национальный университет «ТНУ», г. Душанбе, Таджикистан
mahmud_1967@mail.ru

Аннотация: В данной работе разработан источник питания на базе непосредственного преобразователя напряжения понижающего типа. Проведен расчет силовой части и схемы управления, а также выбор всех элементов схемы. Система управления преобразователем выполнена на специализированных микросхемах. Проведен анализ статической точности стабилизатора.

Ключевые слова: проектирование, разработка, понижающий преобразователь, широтно-импульсная модуляция, обратная связь, стабилизация, системы электропитания.

DEVELOPMENT AND DESIGN OF A STEP-DOWN DC VOLTAGE CONVERTER

Makhmudov Izatullo SHomurodovich
Tajik national University «TNU», Dushanbe, Tajikistan
mahmud_1967@mail.ru

Abstract: *In this paper, a power source is developed based on a direct-step voltage converter of a step-down type. The calculation of the power section and the control circuit was carried out, as well as the selection of all elements of the circuit. The converter control system is made on the basis of microcircuits. The analysis of the static accuracy of the stabilizer is carried out.*

Keywords: *design, development, step-down converter, pulse width modulation, feed-back, stabilization, power supply systems.*

Практически все узлы радиоэлектронной аппаратуры используют электрическую энергию постоянного тока самого широкого диапазона напряжений и мощностей, в то время, как генерируются и транспортируются электроэнергия преимущественно переменного тока с заданной величиной нестабильности [1]. Источники питания РЭА выполняют функции преобразования энергии переменного тока в постоянный, и согласования уровней напряжения [2]. Совершенствование РЭА на основе комплексной интеграции и микроминиатюризации позволило существенно снизить материалоемкость этой специальной части

и одновременно выдвинуло жесткие требования по стабильности выходного напряжения источников питания [3].

В совокупности с трансформаторно-выпрямительными узлами такие устройства энергообеспечения стали занимать до 50-70 % общей массы аппаратуры. Это стимулировало переход к импульсному управлению потоками энергии. Реальные предпосылки для создания таких преобразователей появились с разработкой в конце 60-х, регулирующих органов с высокочастотным широтно-импульсным регулированием (ШИР). В регулирующих органах с высокочастотным ШИР предполагается принудительное квантование потока электрической энергии и его регулирование импульсно-модуляционными методами [4].

В настоящее работе разработан источник питания на основе непосредственного преобразователя напряжения понижающего типа. Кроме расчета и выбора элементов силовой части была разработана принципиальная электрическая схема устройства управления на современной элементной базе.

Назначением разрабатываемого устройства является преобразование электрической энергии постоянного тока от аккумуляторной батареи напряжением 48 В в постоянное стабилизированное напряжение в 36 В для питания светодиодных и других приборов [5]. Устройство должно состоять из силовой части, непосредственно осуществляющей преобразование напряжения, и системы управления, обеспечивающей стабилизацию напряжения на нагрузке и защиту от перегрузок. Согласно дополнительным требованиям, силовая часть должна представлять собой непосредственный преобразователь напряжения.

Ввиду того, что задана точность поддержания заданного уровня выходного напряжения, преобразователь должен быть охвачен обратной связью, изменяющей длительность открытого состояния силового транзистора в зависимости от напряжения на нагрузке. Из возможных алгоритмов управления данным преобразователем наиболее применима широтно-импульсная модуляция (ШИМ). В этом случае облегчается расчёт фильтров. Также ввиду относительно большой распространенности ШИМ наряду с другими видами регулирования, для её реализации существует значительное количество управляющих микросхем.

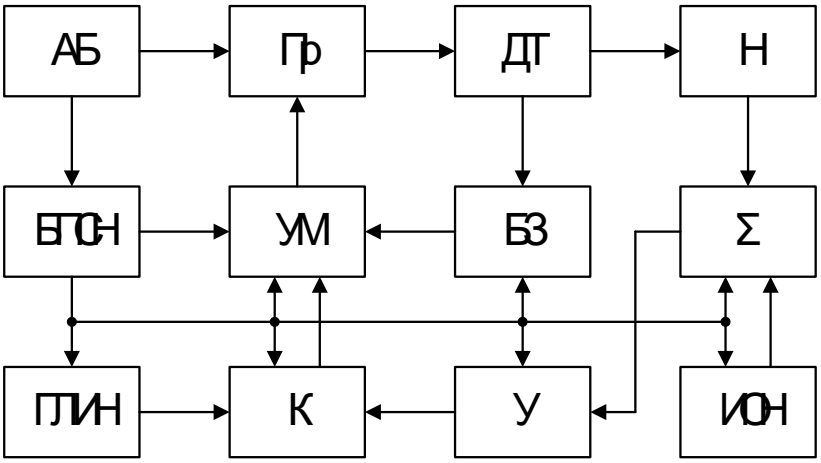


Рис. 1. Структурная схема устройства

Схема содержит следующие блоки:
АБ – аккумуляторная батарея;
Пр –преобразователь;
ДТ – датчик тока;
Н – нагрузка;
БПСН – блок питания собственных нужд;
ГЛИН – генератор линейно изменяющегося напряжения;
УМ – усилитель мощности;
К – компаратор;
БЗ – блок защиты;
У – усилитель сигнала ошибки;
Σ – сумматор-вычитатель;
ИОН – источник опорного напряжения.

Постоянное напряжение с аккумуляторной батареи поступает на транзисторный преобразователь. Здесь оно понижается до необходимого уровня. Напряжение с выхода преобразователя поступает на нагрузку и на схему обратной связи.

Блок питания собственных нужд вырабатывает напряжение питания схемы управления и усилителей мощности. Генератор линейно изменяющегося напряжения вырабатывает пилообразное напряжение с заданной амплитудой и частотой. Схема обратной связи состоит из источника опорного напряжения, сумматора-вычитателя и усилителя сигнала ошибки. Напряжение, пропорциональное напряжению на нагрузке, совместно с опорным напряжением поступает на сумматор-вычитатель, на выходе которого формируется напряжение, равное их разности – сигнал

ошибки. Далее разностное напряжение усиливается для достижения заданной статической точности.

Усиленный сигнал ошибки поступает на компаратор, где сравнивается с пилообразным напряжением. Сигнал с выхода компаратора поступает на усилитель мощности, и далее – непосредственно на силовой транзистор. Если напряжение на выходе преобразователя больше заданного, схема обратной связи уменьшает длительность открытого состояния силового транзистора, тем самым уменьшая среднее значение напряжения на выходе, и наоборот.

Блок защиты служит для аварийного отключения преобразователя в случае перегрузки по выходу, чтобы предупредить выход его из строя. Ток нагрузки контролируется при помощи датчика тока. Если сила тока превысила допустимое значение, то подается соответствующий сигнал на усилитель мощности, и силовой транзистор закрывается. Результаты исследования и расчета электрической принципиальной схемы, а также других блоков преобразователя на стадии публикации.

Источники

1. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры : Справочник / под ред. Г.С. Найвельта. М. : Радио и связь, 1985. 575 с.

2. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры М.: Три Л, 2000. 400 с.

3. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи / В.С. Моин. М. : Энергоатомиздат, 1986. 376 с.

4. Кобзев А.В., Лебедев Ю.М., Михальченко Г.Я. Стабилизаторы переменного напряжения с высокочастотным широтно-импульсным регулированием / М. : Энергоатомиздат, 1986. 152 с.

5. Проектирование системы электропитания малого космического аппарата». 12 Международная научная конференция. Томск: ТПУ, 2020.

УДК 628.94

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ РЯДОМ АККРЕДИТОВАННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Тукшаитов Рафаил Хасьянович[1], Заляев Адель Валерьевич [2],
Ашрятов Альберт Аббясович [3]
[1]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия, [2]ООО «НИТЕОС», г. Казань, Россия,
[3]ФГБОУ ВО «НИ Мордовский государственный университет, г.Саранск, Мордовия
[1]trh_08mail.ru, [2]adel@niteos.ru, [3]ashryatov@ramdler.ru

Аннотация: Рассмотрены ошибки в представлении числовых данных, допускаемых аккредитованными лабораториями в протоколах результатов измерения параметров светотехнических приборов. Показаны, что такие контрольные лаборатории завышают точность представления основных определяемых параметров на 3-4 порядка. Приведены рекомендации, направленные на метрологическое обеспечение точности представления результатов измерения производителями и аккредитованными лабораториями.

Ключевые слова: анализ, аккредитованная лаборатория, точность представления данных, погрешность представления.

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE REPRESENTATION OF THE PARAMETERS OF LIGHTING DEVICES BY A NUMBER OF ACCREDITED LABORATORIES

[1]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia,
[2]OOO «NITEOS», Kazan, Russia,
[3]FGBOU VO «NI Mordovia State University», Saransk, Mordovia
[1]trh_08mail.ru, [2]adel@niteos.ru, [3]ashryatov@ramdler.ru

Annotation: *Errors in the presentation of numerical data admitted by accredited laboratories in the protocols of the results of measuring the parameters of lighting devices are considered. It is shown that such control laboratories overestimate the accuracy of the presentation of the main determined parameters by 3-4 orders of magnitude. Recommendations are given aimed at metrological assurance of the accuracy of the presentation of measurement results by manufacturers and accredited laboratories.*

Key words: *analysis, accredited laboratory, accuracy of data presentation, error of presentation.*

Качество выпускаемой светотехнической продукции и бренд фирм производителей немало определяется не только качеством изделий, но и качеством технической документацией, прилагаемой к ним. Вместе с тем,

в этом вопросе дела обстоят не совсем благополучно. Так, на сегодня в литературе описано пять типовых ошибок по представлению размерности показаний, допускаемых в технической документации достаточно многих светотехнических фирм [1, 2]. В них имеются также недостатки в представлении точности приводимых параметров [3, 4]. Несмотря на это, даже фирмы-производители, относимых к числу ведущих фирм России, все еще недостаточно уделяют внимания предлагаемым методическим разработкам и рекомендациям. Такое положение обусловлено рядом факторов, к которым можно отнести отсутствие требований к ним со стороны аккредитованных и сертифицируемых лабораторий.

Достаточно подготовленный эксперт первоначально подвергает анализу документацию на изделие. По ней он может успешно прикинуть наличие или отсутствие в фирме дипломированных светотехников, оценить уровень технологической дисциплины и степень заботы руководителей за качество продукции.

Сложившееся положение может быть заметно исправлено несколькими путями, одним из которых является повышение качества протоколов представляемых аккредитованными лабораториями. В работе рассмотрены протоколы четырех аккредитованных лабораторий.

Обсуждение результатов анализа

С 2016 года в соответствии с Постановлением Правительства РФ в качестве номинального напряжения электросети установлено его значение, равным 230 В. В то же время все разработчики осветительных приборов приводят значение напряжение питания, равным 220 В. Поэтому и испытательные лаборатории вынуждены использовать напряжение в 220 В. В лаборатории «Архилайт» для получения синусоидального и стабилизированного напряжения применяют специальный преобразователь. В других лабораториях традиционно просто указывают напряжение электросети, равным 220 В, однако при этом его качество остается не известным. Иногда некоторые измерительные лаборатории в протоколах просто не указывают напряжение питания.

При оценке энергетической эффективности осветительных приборов (ОП) с достаточно высокой точностью значение светоотдачи очевидно следует вносить поправку и на коэффициент мощности, значение которого варьирует даже у лучших ОП на 5 %.

По нашим наблюдениям напряжение в электросети в пределах каждых 10 секунд изменяется приблизительно на 1 вольт или на ±0,5% [5].

В силу этого потребляемая мощность за период измерения может измениться на ±1,0-3,0%. Однако основная погрешность вносится при определении светотехнических параметров и она, по мнению ведущего специалиста ВНИСИ Черняк А.Ш., может достигать до ±5%, с чем можно вполне согласиться. Именно, исходя из этого уровня надо представлять точность измеряемых показателей. В этом случае количество значащих цифр в представляемых данных не должно превышать трех. В случае если третье значащая цифра представлена нулем, то ее надо считать значащей цифрой.

Таблица

Значения разных показателей в представлении ряда аккредитованных фирм

№	Наименование параметра	Наименование лаборатории							
		ИЦ ЭЛСИ	ИЦ ЭЛСИ	Архи-лайт	Архи-лайт	Архи-лайт	Светотех. лаб. МГУ	Светотех. лаб. МГУ	Osram
1	Напряжение, В	-	220	220,0	220±0,22	220,0	-	_	230±2
2	Потребляемая мощность, Вт	80	229,1	76,2	155,8	82,7	42,20	229,4	_
3	Световой поток (Ф), лм	10718	36652,3	11522,2	24394,5	11646,8	3068	17747	22474
4	Погрешность измерения Ф, %	0,005	0,0001	0,0004	0,0002	0,0004	0,016	0,003	0,002
5	Светоотдача, лм/Вт	_	_	151,2	156,6	140,8	55,96	77,35	170,8
6	Округленное расчетное значение светоотдачи, лм/Вт	134	160	150	157	140	56	77	170
8	Осевая сила света, кд	_	_	3999,3	6922,0	3136,7	_	_	_
7	Коэффициент мощности	_	0,985	0,97	0,978	0,952	0,9143	0,9794	_
9	Макс. угол излучения, град.	_	_	122,80	131,06	148,53	_	_	_

Основываясь на вышесказанном требовании, точность представления данных ряда параметров в протоколах оказывается завышенной в 1000-10000 раз. Имеющуюся степень завышения представления, например светового потока, для наглядности покажем на конкретном примере. Значение светового потока для одного из ОП приведено в виде числа, равного 36652,3 лм. Его целесообразно было привести, равным 36600 лм и даже в виде числа 37000. В последнем случае дополнительно вносимая погрешность определения светового потока не будет превышать 0,9 %, что в 5 раз меньше допускаемой методической

погрешности его измерения. В другом ОП световой поток представлен числом 24394,5 лм, в то время как его правомерно приводить числом, равным 24400 лм.

Во избежание высокой, не обеспечиваемой, точности представления фирмами данных, аккредитованным лабораториям следует приводить результаты своих измерений с указанием не более трех значащих цифр как в больших, так и малых числах.

Представляя корректно числовые данные в своих протоколах, аккредитованные лаборатории будут ориентировать производителей ОП на правильное оформление технической документации.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х. Системный анализ типовых ошибок, допускаемых в каталогах светодиодных осветительных приборов. Первая типовая ошибка // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 1 (57). С. 14-16.

2. Тукшаитов Р.Х. Системный анализ типовых ошибок, допускаемых в каталогах светодиодных осветительных приборов. К устранению пятой типовой ошибки // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 5 (61). С. 16-20.

3. Тукшаитов Р.Х., Ившин И.В., Исхакова Р.Я. Рекомендации и требования к точности представления энергетических показателей. Мат. Республиканской науч. конф. «Актуальные вопросы подготовки кадров по специальностям энергетика» – Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2019. С. 49-52.

4. Тукшаитов Р.Х. К устранению типовых ошибок представления электротехнических данных, допускаемых в учебных пособиях и научной периодике // Практическая силовая электроника. 2021. № 1. С. 44-49.

5. Тукшаитов Р.Х., Наумов А.А. Спектральный анализ «медленных колебаний напряжения» электросети и способы устранения их влияния на результаты изучения характеристик электроприборов // Сб. тр. Международной научно-практической конференции. – М.: ООО «Центр полиграфических услуг «радуга», 2020. С. 29-34.

УДК 535.376

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ ПРИ УФ ВОЗБУЖДЕНИИ

Чан Ньян Дат[1], Полисадова Елена Федоровна[2], Лисицын Виктор Михайлович[3]
[1,2,3]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», г. Томск, Россия
[1]nhandattran94@gmail.com, [2]elp@tpu.ru, [3]lisitsyn@tpu.ru

Аннотация: Исследованы спектральные фотолюминесценции (ФЛ) алюмомагниевой шпинели (АМШ) при возбуждении излучением с длинной волны 275, 317 и 330 нм, изучено влияние редкоземельных элементов (церий и эрбий) в составе АМШ на параметры свечения. Установлено, что в спектрах чистой и активированной АМШ при воздействии УФ-излучением возбуждается интенсивная полоса с $\lambda_{макс}$ = 380 нм, и широкая слабоструктурированная полоса в области 700-760 нм. Интенсивность полосы на 380 нм зависит от состава АМШ, и от длины волны возбуждения. Введение активаторов Ce^{3+} и Er^{3+} приводит увеличению интенсивности свечения. Обнаружено, что при возбуждении излучением 330 нм в спектре «чистой» АМШ не регистрируется полоса $\lambda_{макс}$ = 380 нм, при этом возбуждается полоса с максимумом на 450 нм. Обсуждается природа полосы свечения.

Ключевые слова: алюмомагниевая шпинель, фотолюминесценция, редкоземельные элементы, церий, эрбий.

LUMINESCENT PROPERTIES OF POLYCRYSTALLINE ALUMINUM-MAGNESIUM SPINEL UNDER UV EXCITATION

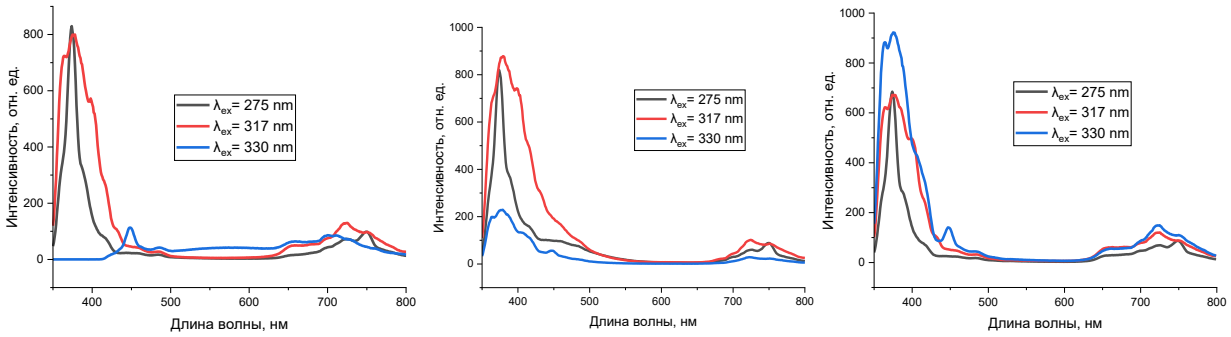
Tran Nhan Dat[1], Polisadova Elena Federovna[2], Lisitsyn Victor Mikhailovich[3]
[1,2,3] FGAOU VO «National Research Tomsk Polytechnic University», Tomsk, Russia
[1]nhandattran94@gmail.com, [2]elp@tpu.ru, [3]lisitsyn@tpu.ru

Abstract: *The spectral photoluminescence (PL) of aluminum-magnesium spinel (AMS) under excitation by radiation with wavelengths of 275, 317, and 330 nm, as well as the effect of rare-earth elements (cerium and erbium) in AMS on the luminescence parameters had been studied. It was found that in the spectra of pure and activated AMS under the action of UV radiation, an intense band with λ_{max} = 380 nm and a broad weakly structured band in the region of 700-760 nm are excited. The intensity of the 380 nm band depends on the AMS composition and on the excitation wavelength. The addition of Ce^{3+} and Er^{3+} activators resulted in increased luminescence intensity. It was found that, upon excitation by 330 nm radiation, the band is not recorded in the spectrum of "pure" AMS, while the band with a maximum at 450 nm is excited. The nature of the luminescence band is discussed.*

Keywords: *aluminum-magnesium spinel, photoluminescence, rare-earth elements, cerium, erbium.*

Алюмомагниевая шпинель представляет интерес для важных применений благодаря своим привлекательным оптико-люминесцентным свойствам, высокой стойкости к радиационным повреждениям, а также высокой термической и химической стойкости [1, С.81]. В последние годы алюминатные люминофоры привлекают большое внимание из-за их заметной химической стабильности и эффективных эмиссионных характеристик в видимой области [2, С.1261]. Ионы переходных металлов, легированные в составе АМШ, демонстрируют сильное излучение в широком видимом спектре и могут использоваться в качестве однофазного полноцветного люминофора для изготовления белых светодиодов [3, С. 2359]. Кроме того, было показано, что это соединение является хорошим материалом-хозяином для ионов редкоземельных металлов [4, С.75].

В данной работе поликристаллические образцы АМШ, активированные ионами Ce^{3+} и Er^{3+} были синтезированы радиационным методом [5, С.89]. Исследовались образцы трех типов: $MgAl_2O_4$ «чистая»; $MgAl_2O_4:Ce^{3+}$ (1вес.% Ce_2O_3), $MgAl_2O_4:Er^{3+}$(1вес.% Er_2O_3). Результаты исследования ФЛ образцов чистой и активированной АМШ приведены на рис.1.



а б в

Рис. 1. Спектр ФЛ $MgAl_2O_4$ (а), $MgAl_2O_4:Ce^{3+}$ (б) и $MgAl_2O_4:Er^{3+}$ (в)

При возбуждении λ_{ex} = 275, 317 и 330 нм наблюдается люминесценция в видимом диапазоне спектра. Наблюдаются интенсивная полоса в области с $\lambda_{макс}$ = 380 нм и широкая слабоструктурированная полоса в области 700-760 нм в спектрах ФЛ всех образцов. При возбуждении λ_{ex} = 330 нм, в образцах чистой АМШ и активированной $MgAl_2O_4:Er^{3+}$ наблюдается полоса в синей области ($\lambda_{макс}$ = 450 нм). Значения интенсивности свечения представлены в относительных единицах, что не позволяет сравнить интенсивность свечения различных образцов. Для оценки эффективности люминесценции исследованы интенсивности свечения всех образцов на длине волны возбуждения 330 нм в идентичных

условиях, результат приведен на рис. 2. Установлено, что образцы с активаторами в виде редкоземельных ионов (Ce^{3+}, Er^{3+}) имеют более интенсивное свечение в поломе 380 нм. В «краской» области спектра интенсивность люминесценции одинакова для всех образцов в пределах погрешности измерений.

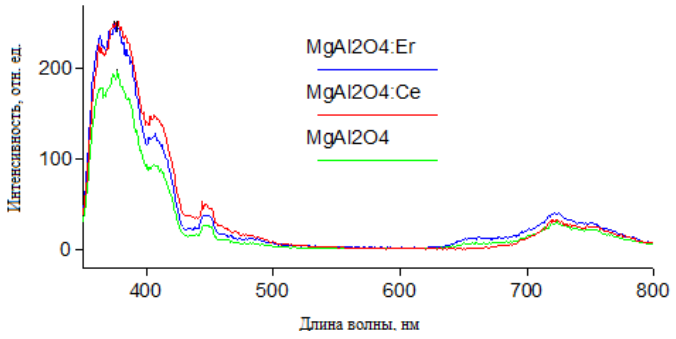


Рис. 2. Спектры люминесценции $MgAl_2O_4$, $MgAl_2O_4$:Ce и $MgAl_2O_4$:Er при λ_{ex} = 330нм

Присутствие полос в области с $\lambda_{макс}$ = 380 нм можно объяснить излучением F-центров [6, С.279]. В области 700-760 нм может быть обусловлено свечением кислородных вакансий в зарядовом состоянии «+2» [6, С.281].

Источники

1. Raj S. S. [et al.] $MgAl_2O_4$ spinel: Synthesis, carbon incorporation and defect-induced luminescence // Jour. of Mole. Struc. 2015. V. 1089. P. 81-85.

2. Yoon S. J. [et al.] Synthesis and photoluminescence properties of $MgAl_2O_4$:Eu^{3+} phosphors // Ceramic International. 2016. V. 42. P. 1261-1266.

3. Qinglin Sai [et al.] Mn, Cr-co-doped $MgAl_2O_4$ phosphors for white LEDs // Jour. of Lumimes. 2011. V131. P. 2359-2364.

4. Motloung S. V. [et al.] Colour tuning and energy transfer pathways in $MgAl_2O_4$ triply doped with 0.1% Ce^{3+}, 0.1% Eu^{2+}, x% Tb^{3+} ($0 \leq x \leq 2\%$) nanocrystals synthesized using sol-gel process // 2017. V. 487. P. 75-86.

5. Мусаханов Д. А. [и др.] Влияние отжига на люм. ИАГ:Ce и ИАГГ:Ce керамики, синтез. в поле радиации // Изв. РАН. Серия физическая. 2020. Т. 84. С. 969-972.

6. Qiuyue Li [et al.] Study on the optical spectra of $MgAl_2O_4$ with oxygen vacancies // Mater. Tech. 2021. V. 36. N. 5. P. 279-285.

Секция 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

УДК 621.31

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Афонина Надежда Константиновна[1],Роженцова Наталья Владимировна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]nadiaafonina1406@gmail.com,[2]natalia15969@yandex.ru

Аннотация: В данной работе рассматривается актуальность применения нейросетевых технологий в электроэнергетических системах. Нейросети дают возможность моделирования и наглядного представления различного рода процессов, происходящих в сети, а также прогнозирования работы и надежности систем при заданных входных параметрах.

Ключевые слова: нейронные сети, прогнозирование, электроэнергетика.

ANALYSIS OF APPLICATION OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

Afonina Nadezhda Konstantinovna[1], Rozhentsova Natalia Vladimirovna[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]nadiaafonina1406@gmail.com,[2]natalia15969@yandex.ru

Abstract: *This paper examines the relevance of the use of neural network technologies in electric power systems. Neural networks make it possible to simulate and visualize various kinds of processes occurring in the network, as well as to predict the operation and reliability of systems for given input parameters.*

Keywords: *neural networks, power engineering, forecasting.*

Каждая организация в процессе своей деятельности при решении задач различной степени тяжести рано или поздно сталкивается с необходимостью математического обоснования принимаемых решений. С развитием науки и техники все больше проводится исследований в областях, способствующих появлению новых аналитических технологий.

Наиболее перспективными и эффективными методами являются методы искусственного интеллекта - нейронные сети. Эти технологии, основанные на работе человеческого мозга, преодолевают все недостатки аналогичных статистических методов и позволяет решать самые сложные задачи в неблагоприятных условиях постоянно меняющейся рыночной среды.

С помощью моделирования нейронной сети можно анализировать процессы, кодировать и декодировать информацию, классифицировать объекты, прогнозировать и предсказывать будущее состояние рыночных индикаторов, автоматизировать процесс управления и облегчать принятие решений в той или иной сфере[1].

Так мы можем рассмотреть сферу электроэнергетики, где существует множество параметров, влияющих на расход электроэнергии и определяющих размерность вектора входных сигналов X, которые оказывают влияние на энергопотреблении[2]. Например, можно на одном уровне можно рассмотреть вариант, когда электрическая нагрузка в прогнозируемом времени зависит от одного из параметров (предикторов):

– нагрузка в последнюю неделю;
– день недели;
– количество рабочих дней;
– длительность светового дня;
– продолжительность отопительного периода;
– отрасль экономики.

Или же мы можем построить модель, когда электрическая нагрузка зависит от нескольких показателей. Алгоритм, созданный на основе вероятностных моделей нейронных сетей, позволяет не только анализировать и прогнозировать данные, но и обеспечивать «смешивание» других параллельных входов с учетом влияния связанных явлений и процессов (в отличие от других программных продуктов) [3].



Пример графика зависимости переменных через моделирование показателей

Любая организация, которая будет применять нейросетевые технологии, получит следующие показатели: точность полученных результатов; положительная экономическая отдача; экономия используемых ресурсов; успешное прогнозирование тенденций; быстрая адаптация к изменяющейся среде; способность сети к обучению в новых условиях; гибкость в подходе к решению проблем; простота и

неприхотливость в использовании метода; автоматизация процесса принятия решений [4,5].

Потенциал и значительные практические возможности нейронных сетей представляют собой выгодную инвестиционную область, обещающую в будущем не только окупиться и принести пользу своим владельцам, но и выступить в качестве фактора превосходства над конкурентами. В целом использование нейросетевых технологий способствует получению прибыли, завоеванию лидирующих позиций на рынке, а также предотвращению и уменьшению кризисных явлений.

Источники

1. Мясников Е.Ю. Перспективы применения нейронных сетей в решении задач электроэнергетики // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности. Материалы IV Международной научно-технической конференции. Чебоксары. 2020. С. 54-60.
2. Иванова В.Р. Перспективные электротехнологии / В.Р. Иванова, А.В. Юдин, А.А. Илинбаев // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники», 2019. С. 236-240.
3. Разработка алгоритма для эффективного управления технологическим процессом промышленного предприятия на базе программируемого логического контроллера TM171PDM27S *Schneider Electric.*
4. Иванова В.Р., Иванов И.Ю., Денисова А.Р. Практикум. Физическое моделирование электротехнических комплексов и систем. Казань: Издательство Казанского государственного энергетического университета, 2020. 38 с
5. Иванова В.Р. Устройства для эффективного и безопасного функционирования систем электроснабжения // Материалы III Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», С. 462 - 466.

УДК 697.9

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА

Баранова Наталья Александрина[1], Муфтахутдинова Зульфия Рафаиловна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет
им. М.Т. Калашникова», г. Ижевск, Россия
natabar1201@gmail.com, zulfiya.muft@gmail.com.

Аннотация: В статье приводится годовой расчет эффективности системы с пластинчатым теплоутилизатором и без него с учётом капитала вложений и тарифа на электронагрев и горячую воду. Представлены аргументы использования теплоутилизационного оборудования.

Ключевые слова: теплоутилизатор, капитальные затраты, эффективность, окупаемость, регенеративный, рекуперативный.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE PLATE HEAT EXCHANGER

Baranova Natalia Alexandrina[1], Muftakhutdinova Zulfiya Rafailovna[2]
[2]FGBOU VO «Izhevsk State Technical University
them. M. T. Kalashnikova», Izhevsk, Russia
[1]natabar1201@gmail.com, [2]zulfiya.muft@gmail.com

Abstract: *The article provides an annual calculation of the efficiency of a system with and without a plate heat exchanger, taking into account the capital of investments and the tariff for electric heating and hot water. The arguments for the use of heat recovery equipment are presented.*

Keywords*: heat exchanger, capital costs, efficiency, payback, regenerative, regenerative.*

В наше время остро стоит вопрос об использовании оборудования, которое может повторно использовать затраченную энергию, поэтому в систему вентиляции начали активно внедрять теплоутилизаторы (ТУ).

Теплоутилизатор – предполагает наличие локальной системы вентиляции, причем тепло удаляемого воздуха утилизируется тут же [1, С.570]. ТУ делится на пластинчатый (рекуперативный), роторный (регенеративный) и рекуператоры с промежуточным теплоносителем.

Многие не хотят устанавливать теплоутилизатор, из-за его высокой стоимости. Поэтому чтобы оценить годовую эффективность надо сравнить затраты на вариант системы с теплоутилизатором (2) и без него (1):

$$Э = П_1 - П_2 = с'_т \cdot Q_{ту.год} - с'_э \cdot W_{э.год} – (Е_н + 0{,}18)\Delta К_{ту}$$

где $\Delta К_{ту}$ – капитальные вложения на теплоутилизатор утилизатор, такие как монтаж систему, наладку и регулирование, руб.;
$(Е_н + 0{,}18)\ \Delta К_{ту}$ –дополнительных вложений на ремонт, изнашивание каких-либо элементов и прочие расходы $0{,}18\Delta К_{ту}$ [руб/год]

Так как в нашей системе присутствует ТУ и типоразмер воздухонагревателя изменен, то нормативный коэффициент эффективности равен:

$$Е_н = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-Т_ок}}$$

где r – норма дисконта, r = 0,10-0,15 [8];

$Т_ок$ – период окупаемости доп. капитальных затрат, год.

Помимо этих затрат, нужно учитывать штрафы ТЭЦ, потому что вода после воздухонагревателя имеет более высокую температуру.

В качестве примера возьмем среднюю стоимость пластинчатого рекуператора и тарифы на ресурсы в городе Ижевск:
$К_{ут}$=140 000 руб.; $L_н$ =2500 м^3/ч; $\Delta Р_в$= 0,30 кПа;
КПД установки η = 0,7.
Удельная стоимость 56 000 руб/(тыс. м^3/ч);
При непрерывной работе системы $\Sigma Q_{ту.год}$ = 20 000 кВт·ч/(год·тыс.) м^3/ч);
Тариф на электронагрев (по среднему) с’э = 3,4 руб/кВт·ч [3, С.3];

Дополнительная мощность на перемещение воздуха:

$$\Delta N = \frac{\Delta PL}{\eta} = \frac{0{,}3 \cdot 2500}{0{,}7 \cdot 3600} = 0{,}3 \text{ кВт}/(\text{тыс. м}^3/\text{ч})$$

Годовой расход электроэнергии:

$$\Delta W_э = 8766 \cdot 0{,}3 = 2630 \text{ кВт·ч/(год·тыс. м}^3\text{/ч).}$$

Пренебрегаем параметрами такими, как сокращение затрат на воздухонагреватель при устройстве ТУ и платой за подключение нагревателя к теплосети и штрафом за превышение воздухонагревателем температуры обратной воды.

Срок окупаемости затрат $Т_ок$ при ТУ:

$$Т_ок = \frac{56\,000}{3{,}4(20\,000 - 2\,630) - 0{,}18 \cdot 56\,000} = 1{,}1 \text{ года}$$

Из расчета видно, что срок окупаемости дополнительных капитальных затрат составляет чуть больше года.

Теперь рассчитаем срок окупаемости, заменив электронагрев теплоносителем – горячей водой по тарифу с’$_т$ = 1,5 руб/кВт·ч.

$$Т_{ок} = \frac{56\,000}{20\,000 \cdot 1{,}5 - 2\,630 \cdot 2 - 0{,}18 \cdot 56\,000} = 3{,}8 \text{ года}$$

Тогда при тех же условиях срок окупаемости будет 3,8 года.

Из расчета видно, что мы не можем быстро окупить капиталовложения в теплоутилизатор даже если установка будет работать круглый год. Но если учесть стоимость главного воздухонагревателя в вашей области и одного эклектического, который будет работать в неотапливаемый период года, то эффективность утилизации тепла станет больше. Так же теплоутилизатор можно устанавливать на разные «ветки» вентиляции, тем самым создавая циркуляцию. В итоге мы не только экономим тепло, но и снижаем выбросы тепла в окружающую среду.

Источники

1. Денисова Е.В., Муфтахутдинова З.Р. Утилизация тепла вентиляционных выбросов // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021.С. 570-573.
2. Сотников А.Г. Утилизация теплоты: оценка эффективности // С.О.К.. 2011. №2.
3. Приказ министерства строительства, жилищно-коммунального хозяйства и энергетики удмуртской республики «Об установлении цен (тарифов) на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по удмуртской республике на 2021 год» от 15.12.20 № 27/2 // официальный сайт главы удмуртской республики и правительства удмуртской республики. 2020.
4. Энергосберегающие технологии в системах вентиляции помещений // AlterAir URL: https://alterair.ua/ru/stati/energosberegayuschie-tehnologii-v-ventilyatsii/ (дата обращения: 29.10.2021).
5. Немировская В.В., Кузовлев А.В. Энергосбережение с применением утилизаторов теплоты // НИУ ИТМО. 2015. №2.

УДК 621.311

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА

Гариев Аскар Раульевич [1], Шириев Равиль Рафисович [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gariev@mail.ru, [2]shrr@list.ru

Аннотация: В работе описаны особенности применения тепловых двигателей Стирлинга в солнечных электростанциях. Представлены основные характеристики солнечных электростанций с оптическими концентраторами и двигателями Стирлинга.

Ключевые слова: двигатель Стирлинга, солнечный трекер, оптический концентратор, солнечная электростанция.

SOLAR POWER PLANTS WITH STIRLING ENGINE

Gariev Askar Raulievich [1], Shiriev Ravil Rafisovich [2],
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gariev@mail.ru, [2]shrr@list.ru

Abstract: *The paper describes the features of the use of Stirling heat engines in solar power plants. The main characteristics of solar power plants with optical concentrators and Stirling engines are presented.*

Key words*: Stirling engine, solar tracker, optical concentrator, solar power plant.*

В условиях нестабильного развития экономики наметилась тенденция увеличения доли электрогенерирующих установок на основе возобновляемых источников энергии. По некоторым оценкам одним из наиболее перспективных направлений является применение и преобразование солнечной энергии [1]. Значительная часть подобных установок ориентированы на прямое преобразование естественного излучения небосвода от солнечного потока посредством фотоэлектрических солнечных модулей [2 – 3]. Такие установки обладают эффективностью около 15 %. С целью увеличения эффективности солнечного модуля стремятся обеспечить использование наряду с электроэнергией тепловую энергию [4].

Наряду с планарными солнечными модулями огромный интерес представляют концентраторные солнечные модули параболоидного типа, в фокусе которых используются термодинамические преобразователи типа Двигатель Стирлинга для привода электрического генератора [7, 8]. Концентрация солнечного излучения с целью обеспечения номинальной

работы двигателя посредством поддержания достаточно высокой температуры горячего цилиндра осуществляется концентраторным солнечным модулем параболоидного типа.

Эффективность такой установки выше, чем у фотоэлектрических преобразователей.

Самый известный на сегодня реализованный проект солнечных установок с двигателями Стирлинга расположен на юге Америки, созданный при сотрудничестве *Sandia National Laboratories и Stirling Energy Systems*. [13].



Внешний вид солнечных электростанций с двигателями Стирлинга

Эффективность солнечных электростанций с двигателями Стирлинга составляет около 30 % [5], что значительно выше электрической эффективности кремниевых фотоэлектрических преобразователей.

Разработки, связанные с двигателями Стирлинга, проводятся по всему миру, например компаниях «*Jet Propulsion Lab*», «*Schlaich, Bergermann und Partner*», «*Cummins Power Generation, Inc*» ведут работы по созданию двигателей Стирлинга, предназначенных для работы совместно с концентраторами солнечного излучения. Мощности таких двигателей варьируются от 5 кВт до 50 кВт, а эффективность от 17 % до 28 % [6]. Ресурс подобных двигателей составляет около 20000 часов, а стоимость около 2500 долларов за киловатт установленной мощности. Сегодня даже в космосе используются генераторы с тепловыми двигателями Стирлинга. Эффективность такой установки доходит до 38 %, мощность составляет 5 кВт, а масса установки 250 кг.

Солнечные концентраторные электрические установки на основе двигателя Стирлинга наряду с электроэнергией могут вырабатывать и тепловую энергию, обеспечивая, таким образом, автономное или параллельное с существующей энергосетью энергоснабжение потребителя. Также существует потенциал по увеличению эффективности таких установок, тогда как на сегодня их эффективность уже превосходит эффективность стандартных планарных фотоэлектрических солнечных электростанций.

Источники

1. Зиганшина И.В., Шириев Р.Р. О солнечной энергетике в России // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VI Национал. научно-практич. конф. В двух томах. Казань, 2020. С. 292-294.

2. Рудаков А.И., Максимова В.А. Повышение энергоэффективности солнечных фотоэлектрических установок // в сборнике: Наука. Технология. Производство - 2019: Моделирование и автоматизация технологических процессов и производств, энергообеспечение промышленных предприятий. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 100-летию образования Республики Башкортостан. 2019. С. 193-196.

3. Дегтярёв К.С., Панченко В.А. Развитие и реализованные проекты солнечной энергетики в России // Сантехника, отопление, кондиционирование, №9, 2019, с. 74-79.

4. Стребков Д.С., Панченко В.А., Филиппченкова Н.С. Обзор различных конструкций солнечных теплофотоэлектрических модулей (гибридных коллекторов) // Инновации в сельском хозяйстве, № 3 (13), 2015, с. 199 − 203.

5. Денисов Д.А., Медяков А.А., Свечников В.Н. Перспективы использования солнечных установок на базе двигателя Стирлинга // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России, № 1, 2016, с. 49-52.

6. Турсунбаев И.А. Термодинамическое преобразование солнечно-тепловой энергии на базе замкнутых циклов тепловых двигателей Стирлинга // Международный научный журнал альтернативная энергетика и экология, 4 (48), 2007, с. 122-127.

УДК 621.311

О ДАТЧИКАХ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Горбачев Алексей Александрович [1], Шириев Равиль Рафисович [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]alexgor250201@mail.ru, [2]shrr@list.ru

Аннотация: В работе приводятся результаты сравнительного анализа принципов действия, технических параметров и области применения сенсоров движения, предназначенных для автоматического управления освещением. Была отобрана продукция известных брендов и молодых компаний, завоевавших уважение профессионалов.

Ключевые слова: датчик движения, управление освещением, электромонтаж, наладка.

ABOUT MOTION SENSORS FOR LIGHT CONTROL

Alexey Alexandrovich Gorbachev[1], Ravil Rafisovich Shiriev[2],
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]bulat110@mail.ru, [2]shrr@list.ru

Abstract: *The paper presents the results of a comparative analysis of the principles of operation, technical parameters and the field of application of motion sensors designed for automatic control of lighting. The products of well-known brands and young companies that have won the respect of professionals were selected.*

Key words*: motion sensor, lighting control, electrical installation, commissioning.*

Обеспечить более высокий уровень комфорта и безопасности в офисе, квартире или загородном доме могут помочь интеллектуальные автоматические системы. Такие устройства способны анализировать информацию об окружающем пространстве, своевременно предупреждать о несанкционированном доступе в помещение или охраняемую территорию, регулировать уровень освещенности в соответствии с заданным программой сценарием, управлять при необходимости бытовой техникой. Внешние данные о ситуации или команды микроконтроллеры получают от соответствующих датчиков, которые реагируют автоматически на изменения в параметрах обстановки. Самые востребованные среди подобных устройств – это сенсоры движения. Эти приборы являются обязательным элементом любой автоматической системы безопасности. Оптимально датчики движения должны отличаться хорошей чувствительностью, иметь защиту от климатических факторов,

имеют относительно небольшие размеры для возможности скрытой установки (см. Табл. 1).

С целью повышения уровня комфорта в помещении желательно применять датчики движения, которые работают в паре с интеллектуальными системами автоматического управления бытовой техникой. Сенсоры фиксируют параметры движения и освещения, передают данные шлюзу, обрабатывающему входные данные, и тот, в свою очередь, отправляет команды исполнительным устройствам. Информация с детекторов также может использоваться для постановки объекта на охрану.

Таблица 1

Характеристики детекторов движения

Название датчика	Параметры				Цена, тыс.руб.
	угол обзора, град	Дальность действия, м	особенности	Назначение	
Alfa Alpir-21	110	12	Объект до 25 кг	охрана	3
GSM Cool	120	10	Объект до 11 кг GSM-модуль, управление дистанционно	охрана	10
Sapsan Gsm Pro Pri-100A	110	12		охрана	1,3
IEK Ldd10-008-1100-001	180	12		освещение	1
Kanlux Aler JQ-30-B	150	12		освещение	0,8
Duwi 25830 8	180	6		освещение	0,9
Smart Land SL MD-02	110	5	Wi-Fi – 45 м	освещение	1
PS-Link PS-WP001	120	5	Wi-Fi, часть системы «Умный дом» Smart Life	освещение	1,2
Xiaomi Mi Smart	170	7	ZigBee, часть системы «Умный дом»	освещение	1
Philips Hue Motion Sensor	-	7	ZigBee, часть системы «Умный дом»	освещение	4

Независимо от сферы применения к выбору оборудования необходимо подходить избирательно. Это позволит применить сенсор, работающий в тех условиях, которые актуальны для конкретного пользователя. Обязательно необходимо учитывать место монтажа датчика, особенности установки, тип электрического питания устройства. Важными критериями являются: уровень чувствительности, радиус действия, уровень защищенности от ложного срабатывания.

Выпускаются модели датчиков движения для применения внутри или снаружи помещений. Устройства, используемые на улице, должны стабильно работать при постоянном негативном воздействии климатических факторов. Для защиты от прямого попадания дождя

необходим корпус, герметичность которого подтверждена стандартом IP. Монтажные работы не должны вызывать особых трудностей. Выпускается оборудование, работающее от электросети и автономных источников электрического питания, что иногда является более предпочтительным. Радиус действия датчиков движения бывает различным. В помещениях эффективно работают модели, фиксирующие перемещения на расстоянии до 5 метров. Уличные детекторы могут иметь радиус действия от 10 до 25 метров, что необходимо для обнаружения злоумышленника на территории или подходе к охраняемому объекту.

В целом, универсальной техники не существует, поэтому можно сформулировать следующие рекомендации с учетом специфики применения: *Alfa Alpir*-21 – это уличный датчик для регионов с плохими климатическими условиями; *Gsm Cool* – для защиты дач, территорий предприятий с получением оповещений на мобильный телефон; *Kanlux Aler JQ*-30-B – для уличного освещения; *Xiaomi Mi Smart Home* – для небольших квартир; PS-*Link* PS-WP001 – хорошее решение для офиса; *Philips Hue* – для поклонников продукции известного бренда из Нидерландов, которые пользуются умными лампами и умными розетками.

Источники

1. Фетисов Л.В., Роженцова Н.В., Булатова О.А. Повышение качества электрической энергии в сетях низкого напряжения/Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики/№11-12/2018, стр. 99-106.

2. Иванова В.Р., Фетисов Л.В. Разработка учебного стенда для эффективной и безопасной эксплуатации резервного электроснабжения на промышленных предприятиях // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2018. № 9-10. С.120 - 129.

3. Андрей И.Н. Лучшие датчики движения ВыборЭксперта.ру [Электронный ресурс]:https:// vyborexperta.ru / cifrovaya-tekhnika-i-internet/luchshie-datchiki-dvizhenija (дата обращения: 28.10.2021)

УДК 681.5:628.972

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ И ТЕМПЕРАТУРОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКОВ СТАНДАРТА МЭК 61131-3

Загидуллин Алмаз Мухарамович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань Россия
zagidullin_almaz@bk.ru

Аннотация: Большее количество информации человек получает при помощи органов зрения. В свою очередь качество получаемой информации зависит от правильно подобранного освещения. Также правильно подобранное освещение играет немаловажную роль при поддержании трудоспособности сотрудников.

Ключевые слова: освещение, автодиммирование, датчик движения, программно-логистический контроллер, светодиоды, регулирование освещения.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED LIGHTING AND TEMPERATURE CONTROL SYSTEM USING IEC 61131-3 LANGUAGES

Zagidullin Almaz Mukharamovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan Russia
zagidullin_almaz@bk.ru

Abstract: *A person receives a large amount of information with the help of the organs of vision. In turn, the quality of the information received depends on the correct lighting. Also, correctly selected lighting plays an important role in maintaining the working capacity of employees.*

Key words: *lighting, auto dimming, motion sensor, software and logistics controller, LEDs, lighting control.*

При этапе проектирования зданий и помещений различных назначений и последующей организацией рабочих мест руководствуются нормами СанПиН и СНиП [1], в которых установлены минимальные значения освещенности рабочих мест. Проанализировав все нормы и требования можно сделать вывод, что использование комбинированного освещения в помещениях будет наиболее выгодной и что, немаловажно энергоэффективной с экономической точки зрения.

На некоторых предприятиях в плане экономии ограничиваются установкой светодиодных приборов освещения [2 – 3]. Однако большей экономии можно достичь путем установки автоматизированной системы

управления освещением [4, 5]. В таком случае, свет будет гореть в помещении только тогда, когда в этом будет необходимость.

В данной работе был осуществлен комплексный подход – внедрение специальных датчиков в кабинете и непосредственно на рабочем месте сотрудника и применение системы автоматического управления световым потоком светодиодных светильников.

Принцип работы автоматизированной системы основан на функции автодиммирования [3], что означает изменение светового потока в зависимости от естественного света, попадающего в помещение из окна и поддержании комфортной температуры внутри помещения. Немаловажно, то, что световой поток регулируется плавно, что даже человеческий глаз этого не замечает.

Задаем несколько уровней естественной освещенности, при которых светильник будет изменять мощность светового потока. Согласно опытным данным естественная освещенность от окна в ясный день в феврале месяце равна: 1300 лк в 11:00 ч; 750 лк в 14:00 ч; 300 лк в 20:00 ч; 0 лк ночью.

К примеру, при освещенности 750 лк и нахождении людей в офисе, кондиционер будет поддерживать комфортную температуру, но при этом светильники не будут гореть, так как световой поток больше 300 лм.

В основе системы диммирования лежит плавное изменение светового потока, которая меняется в течении рабочего дня в зависимости от нормированного значения освещенности в помещении. Регулирование освещением осуществляется не с помощью снижения питающего напряжения сети, а благодаря применению широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В свою очередь плавность регулирования светового потока, а в результате и достижение нормируемого значения освещенности, является большим преимуществом применения данной системы [4 – 6].

Система автоматического регулирования светового потока включает в себя: 1 датчик движения (на входе в помещение); светодиодные светильники с возможностью регулирования (в данной работе их 8 штук); программно-логистический контроллер.



Рис. 1 Внешний вид ПЛК

Основу системы составляет контроллер, который запрограммирован на определенный алгоритм действий (будет применяться язык ST) при различном входящем сигнале от фотодатчика и сигналов от датчиков, установленных на входе или выходе из помещения [7].

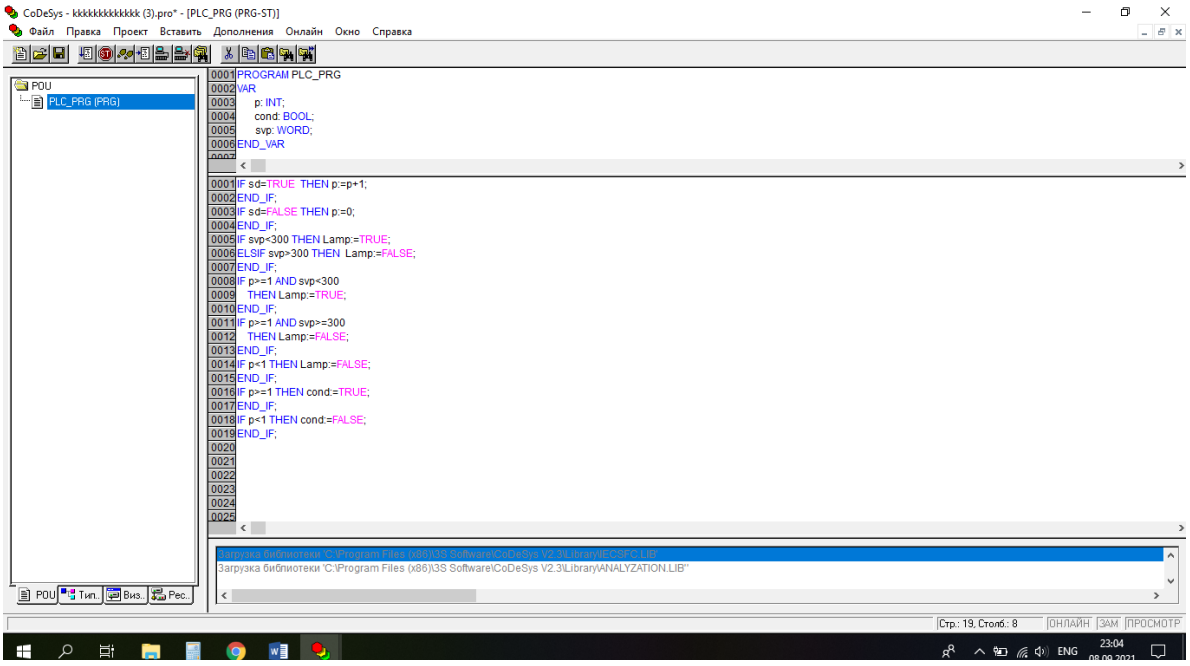


Рис. 2. Условие программы, написанное в среде программирования Codesys 2.3

Также в данном помещении предусматривается управление температурой воздуха внутри помещения. Как правило комфортной температурой для человека является температура равная 23 °С.

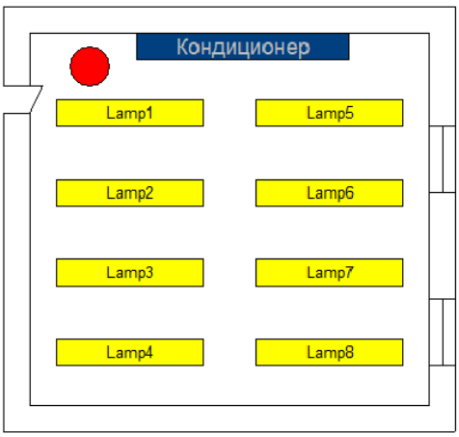


Рис. 3. Визуализация рассмотренной автоматизированной системы

Источники

1. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/ 2.1.1.1278-03. М.: ДЕАН, 2003.823 с.

2. Прокофьев А., Туркин А., Яковлев А. Перспективы применения светодиодов // Полупровод. светотехн. 2010. № 5. С. 60-63.

3. Цырук С.А., Лисицын И.Д. Энергосберегающие источники света и инновационный подход к построению систем искусственного освещения объектов ЖКХ. // Материалы всероссийской научно-методической конференции «Наука. Технология. Производство - 2019: Моделирование и автоматизация технологических процессов и производств, энергообеспечение промышленных предприятий» Салават, 2019. С. 196-202.

4. Денисова А.Р., Савин Н.А. Энергоэффективная система автоматического регулирования светового потока светодиодных светильников // Фёдоровские чтения 2020: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы, Москва, 17–20 ноября 2020 года. Москва: Издательский дом МЭИ, 2020. С. 121-126..

5. Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г. Повышение энергоэффективности при использовании системы автоматического регулирования светового потока // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 1(58). С. 38-39.

6. Тукшаитов Р.Х., Айхайти И. Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4(47). С. 28.

7. Компания «ОВЕН» Документация по CoDeSyS. [электронный ресурс]. http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335.

УДК 004.9

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР IOT ТЕХНОЛОГИИ

Иванова Вилия Равильевна[1], Гусамов Данияр Ильнарович[2]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]vr-10@mail.ru, [2]gdi@bk.ru

Аннотация: в работе представлен аналитический обзор цифровой технологии – Интернет вещей (*Iot*), описание основных средств для реализации построения сети Интернета вещей, обзор сетевых протоколов и протоколов обмена сообщениями для *IoT.*

Ключевые слова: Интернет вещей, технология, передача данных, логистика, сеть, сбор информации, алгоритм, умные устройства, *Iot*-система, цифровизация.

ANALYTICAL REVIEW OF IOT TECHNOLOGY

Ivanova Viliya Ravilevna[1], Gusamov Daniyar Ilnarovich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]vr-10@mail.ru, [2]gdi@bk.ru

Abstract: *the paper presents an analytical overview of digital technology - the Internet of Things (IoT), a description of the main means for implementing the construction of the Internet of Things network, an overview of network protocols and messaging protocols for IoT.*

Keywords: *Internet of Things, technology, data transmission, logistics, network, information collection, algorithm, smart devices, Iot system, digitalization.*

Одним из важнейших современных направлений цифрового развития получило название «Интернет вещей» (*Internet of Things*, *IoT*). Впервые этот термин был использован в 1999 году Кевином Эштоном. В основе этой технологии заложена вычислительная сеть физических объектов, оснащенных встроенными технологиями сбора и передачи информации в совокупности с устройствами и технологиями хранения и обработки информации. Созданию такой сети послужил активный рост количества подключенных к Интернету устройств и программных комплексов, а также межотраслевое взаимодействие. Вследствие последнего актуальность развития технологии постоянно растет. Еще одним толчком бурного развития рассматриваемой технологии стало развитие и беспроводных технологий, а также удешевление производства микросхем.

Основная особенность *Iot*–систем заключается в наличии в сети не только компьютеров и иных мощных вычислительных устройств, но и

практически любых вещей. Для реализации построения сети Интернета вещей задействуются различные технические средства, к которым относятся средства идентификации, средства измерения, средства передачи данных. Ключевой технологией стала идентификация «вещей». Последняя служит для объединения устройств в единую компьютерную сеть и анализ данных. В Интернете вещей каждый объект должен иметь свой идентификатор (*ID*). Идентификатор служит уникальным указателем на вещь, тогда как ее сетевой адрес может меняться в зависимости от физического местоположения. Идентификатор представляет собой число или строку символов, однозначно именующие объект интернета вещей. Каждому идентификатору сопутствует набор метаданных – детальных сведений об объекте [4–6]. Для управления идентификацией вещей применяют набор различных технологий, которые адекватны уровням архитектуры интернета вещей:

– идентификаторы объектов;

– коммуникационные идентификаторы;

– идентификаторы приложений.

Такие интегрированные системы работают без участия человека, однако он может взаимодействовать с ними и давать инструкции в режиме реального времени. Для организации сетей, осуществляющих обмен данными в режиме реального времени, используются разные протоколы и технологии. К ним относятся *MQTT*, *AMQP*, *CoAP*, *DDS*, *XMPP*, *JMS* и другие, а также стандартные для обычного интернета протоколы, например, HTTP [1–3]. Выбор протокола зависит от решаемой задачи. В основном в настоящее время наблюдается тенденция появления множества прикладных протоколов, поэтому носит актуальный характер вопрос стандартизации в области Интернета вещей.

После становления устойчивой нормативной базы в области *Iot*-технологий откроются новые возможности, которые сделают ее технологией стратегической значимости, которая затронет все аспекты человеческой жизни: совершенствование производственной базы, обустройство «умных» городов, решение проблем техногенного характера и т.п.

Источники

1. Иванова В.Р. Об актуальности современных информационных и телекоммуникационных технологий в образовании / Сборник научных трудов участников II Национальной научно-практической конференции:

сборник статей «Стратегические ориентиры развития высшей школы». М. 2020. С. 95-102.

2. Иванова В.Р., Гельдыева Р.А. Построение дискретно-событийной имитационной модели / Материалы VI Национальной научно-практической конференции «приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйств», 2020. С. 328-331.

3. Иванова В.Р. О принципах построения цифровых промышленных сетей / Журнал «Novaum», № 25, 2020. С. 7-9.

4. Обзор сетевых протоколов и протоколов обмена сообщениями для IoT. Режим доступа: https://habr.com/ru/company/otus/blog/524140/. Дата: 01.10.2021.

5. Ли П. Архитектура интернета вещей. Изд. ДМК-Пресс, 2019 г. 454 с.

6. Чудинов И.Л., Осипова В.В. Информационные системы и технологии / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 145 с.

УДК 621.31

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Корнева Полина Андреевна[1], Роженцова Наталья Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]Korneva.P.A@yandex.ru, [2]natalia15969@yandex.ru

Аннотация: В настоящей работе описаны основные возможности и принципы применения нейронных сетей в области электроэнергетики. Приведен перечень задач, которые могут быть решены путем использования нейронных сетей. Описаны недостатки нейронных сетей.

Ключевые слова: нейронные сети, электроэнергетика, задачи, управление, прогнозирование, обучение, применение.

THE POSSIBILITIES OF USING NEURAL NETWORKS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Korneva Polina Andreevna[1], Rozhentsova Natalia Vladimirovna[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]Korneva.P.A@yandex.ru, [2]natalia15969@yandex.ru

Abstract: *This paper describes the main possibilities and principles of using neural networks in the field of electric power industry. A list of tasks that can be solved by using neural networks is given. The disadvantages of neural networks are described.*

Keywords: *neural networks, power engineering, tasks, management, forecasting, training, application.*

В соответствии с возрастающей сложностью современных энергетических систем, где данные массивны и по своей сути зашумлены, применение нейронных сетей в решении энергетических проблем играет решающую роль. С другой стороны, искусственные нейронные сети обладают полезными специфическими особенностями, такими как способность изучать ключевые информационные шаблоны в многомерной информационной области, будучи отказоустойчивыми, надежными и обладающими помехозащищенностью [1].

Метод нейронных сетей для управления в системе электроэнергетики и других систем мониторинга обеспечивает создание сети с тремя уровнями: вводный, внутренний (скрытый) и вывод на основе шаблонов самоорганизации с обучающими инструкциями [2]. Это позволяет оценить состояние электрической системы по задаваемым

параметрам и порекомендовать оператору решения в случае возможных аварийных ситуаций [2].

Перечень задач, которые могут быть решены путем метода нейронных сетей:

– прогнозирование нагрузки;

– прогнозирование температуры окружающей среды, чтобы спрогнозировать нагрузку;

– управление электрическими потоками в сетях;

– обеспечение максимальной мощности;

– регулировка напряжения;

– диагностика электрической сети с целью выявления неисправностей;

– оптимизации датчиков для контроля электробезопасности;

– контроль электробезопасность сети, а также защита трансформаторов;

– обеспечение устойчивости, оценка состояния и диагностика генераторов;

– управление как одним генератором, так и системой генераторов;

– система переключения мощности [3].

Список задач по использованию нейронных сетей в системах энергоуправления продолжает расти.

Решение для каждой из задач в сочетании с необходимостью достижения оптимальных результатов в реальном времени, с достаточно высокой скоростью и качеством представляет определенную сложность. Кроме того, эти задачи связаны друг с другом, то есть результаты решения одной задачи, могут быть переданы для решения другой [3].

Обычно эти проблемы могут быть решены с использованием принципа декомпозиции с математическим описанием каждого подобъекта или подсистемы в форме линеаризованной структуры, которая описывается, например, как форма Коши. В то же время необходимое качество достигается за счет замкнутых структур с различными режимами обучения [4] только в ограниченной области в определенных ограниченных режимах. При этом современные электрические комплексы и системы характеризуются: разнообразием используемого электрооборудования; сложные условия эксплуатации и интенсификация операционных систем и режимов эксплуатации [5].

Наличие неопределенности приводит к неточности в определении переменных в долгосрочных, начальных и долгосрочных условиях. Неточность показателей может возникнуть из-за неправильного сочетания

общей функции управления; чрезмерной идеализации сложной модели; замены фактических характеристик оборудования паспортными; линеаризация; дискретизация; нарушениями допущений, принятых при выводе уравнений (стационарность, изотермичность, однородность и т. д.) [4].

Работа в этих условиях затрудняет использование стандартной автоматики. Поэтому очень важно использовать нечеткую модель, основанную на нейронных сетях, для описания и оформления разрешений в областях с различными типами оборудования.

Источники

1. Готман Н.Э., Шумилова Г.П. Идентификация изменения состояния линии по векторным измерениям на основе сетей глубокого обучения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 6. С. 55-67.

2. Мясников Е.Ю. Перспективы применения нейронных сетей в решении задач электроэнергетики // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности. Материалы IV Международной научно-технической конференции. Чебоксары. 2020. С. 54-60.

3. Афанасьев Д.Р., Гребенщиков Д.А., Еськов А.В., Серёжкин О.А. Использование нейронных сетей в электроэнергетике // Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и автоматика (ПАРУСА-2020). Сборник трудов IX Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Ростов-на-Дону, Таганрогю.2020. С. 52-56.

4. Зуев В.Н., Кемайкин В.К. Модифицированный алгоритм обучения нейронных сетей // Программные продукты и системы. 2019. № 2. С. 258-262.

5. Попов А.С., Обходский А.В., Липатникова А.А., Усков Е.С. Применение искусственной нейронной сети для диагностики объектов распределенной энергетики // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2019. С. 238.

УДК 621.31

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В СФЕРЕ ЖКХ: АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТА

Кулешова Галина Сергеевна[1], Кузнецова Анастасия Михайловна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт», г. Москва, Россия
[1]AlexeenkovaGS@mpei.ru, [2]KuznetsovaAnM@mpei.ru

Аннотация: В статье приведен анализ и систематизация типовых мероприятий по энергосбережению в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), показана возможность создания многокритериальной целевой функции для оценки эффекта от внедрения типовых технических мероприятий по энергосбережению на уровне конечного потребителя, предложены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, жилищно-коммунальное хозяйство, типовые мероприятия по энергосбережению, многокритериальная функция, оценка эффекта.

TECHNICAL MEASURES FOR ENERGY SAVING IN THE HSC SPHERE: ANALYSIS AND EVALUATION OF EFFECT

Kuleshova Galina Sergeevna[1], Kuznetsova Anastasia Mikhailovna[2]
[1.2] FSBEI HE «National Research University
«Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia
[1]AlexeenkovaGS@mpei.ru, [2] KuznetsovaAnM@mpei.ru

Abstract: *The article provides an analysis and systematization of typical measures for energy saving in the field of housing and communal services (HCS), shows the possibility of creating a multi-criteria target function to assess the effect of the introduction of standard technical measures for energy saving at the end user level, and suggests directions for further research.*

Key words: *energy efficiency, energy saving, housing and communal services, typical energy saving measures, multi-criteria function, effect assessment.*

В настоящее время достижение высокого уровня энергоэффективности является одной из приоритетных задач, что обусловлено возрастающей стоимостью добычи основных энергоресурсов, а также глобальными экологическими проблемами [1 – 2]. Анализ потерь в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии (ЭЭ) показывает, что большая часть потерь приходится на сферу потребления ЭЭ (до 90 %). В России около 30% производимой энергии расходуется на сферу жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). В этой связи особое

внимание уделяется вопросам энергоэффективности и энергосбережения в сфере ЖКХ. При этом важной задачей является обеспечение энергосбережения на уровне конечных коммунально-бытовых потребителей (квартиры, дома частного сектора) [3 – 4].

Среди типовых мероприятий по энергосбережению, перечисленных в [4 – 5], следует выделить те, которые применимы для внедрения на уровне конечных потребителей.

Организационные мероприятия: назначение ответственного лица из домохозяйства за обеспечение мероприятий по энергосбережению; обучение и повышение квалификации домохозяйств в области энергосбережения; агитационная работа по вопросам энергосбережения; разработка и внедрение системы стимулирования на энергосбережение [4 – 5].

Технические мероприятия направлены на модернизацию систем ресурсообеспечения и внедрение современных энергосберегающих технологий, а также оптимизацию времени работы используемого оборудования [6 – 9]. В разрезе систем электроснабжения могут быть рассмотрены следующие технические мероприятия: использование качественной кабельной продукции, коммутационно-защитных аппаратов и т.д., применение энергоэффективных типов осветительных приборов с улучшенной светоотдачей, использование автоматизированных систем управления освещением и уровнем освещенности (диммеры, датчики движения, датчики присутствия и т.д.), внедрение системы «умный дом», использование энергоэффективных бытовых электроприборов класса А++, внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем учета ЭЭ. Кроме того, следует рассмотреть возможность использования альтернативных источников энергии.

При внедрении типовых мероприятий следует учитывать особенности каждого конкретного объекта. На основе приведенного перечня типовых технических мероприятий была получена многокритериальная целевая функция для прогноза эффекта от внедрения мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности на уровне конечного потребителя ЭЭ.

Результаты исследования могут быть применены при расчете и оценке потенциала экономии энергоресурсов в сфере ЖКХ и на уровне конечных коммунально-бытовых потребителей.

Исследование выполнено в рамках учебной практики: ознакомительной практики студентами группы ЭЛ-06-21 ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» для конкурса «Лучшая учебная группа 1 курса».

Источники

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/.

2. Приказ от 17 февраля 2010 года N 61 Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/902201392.

3. Ибрашева Л.Р. Энергосберегающие технологии в жилищно-коммунальном хозяйстве России // Вестник Казанского Технологического университета. 2012. №7. с. 224-229.

4. Коваль С.П. Энергосбережение в ЖКХ: 96 способов [Электронный ресурс] // Портал-Энерго. URL: http://portal-energo.ru/articles/details/id/40

5. Перечень типовых мероприятий по энергосбережению [Электронный ресурс] // Саморегулируемая организация в области энергетического обследования (СРО-Э-150) Некоммерческое Партнерство «Межрегиональный Альянс Энергоаудиторов». URL: https://sro150.ru/metodiki/178-perechen-tipovykh-meropriyatij-po-energosberezheniyu.

6. Федотов А.И., Грачева Е.И., Наумов О.В. Оценка технического состояния контактных соединений низковольтных коммутационных аппаратов по данным тепловизионного контроля // ИзВУЗ. Проблемы энергетики. 2005. №9-10. С. 37-44.

7. Абрамова Л.В., Михайлова Е.М. Определение оптимальных условий освещения объектов светодиодными установками // ИзВУЗ. Проблемы энергетики. 2012. №1-2. С. 102-106.

8. Шаров В.В., Фатыхов Р.И. Система контроля и учета электроэнергии распределенных устройств с использованием современных информационных технологий // Вестник КГЭУ. 2015. № 2(26). С. 37-44.

9. Заляев Р.Ф. Инновации как фактор устойчивого развития ЖКХ // Синергия наук. 2017. №15. С. 276-286.

УДК 621.317.722

ДЕТЕКТОРЫ СКРЫТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДКИ

Куличихин Данил Вячеславович[1], Шириев Равиль Рафисович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
danilkulichihin43@gmail.com, shrr@list.ru

Аннотация: В работе приводятся результаты сравнительного анализа принципов действия, технических параметров и области применения детекторов скрытой проводки.

Ключевые слова: скрытая проводка, электростатический детектор, электромагнитный детектор, металлодетектор.

HIDDEN ELECTRIC WIRING DETECTORS

Kulichikhin Danil Vyacheslavovich[1], Shiriev Ravil Rafisovich[2]
[1.2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]danilkulichihin43@gmail.com, [2]shrr@list.ru

Abstract: *The paper presents the results of a comparative analysis of the principles of operation, technical parameters and the field of application of hidden wiring detectors.*

Keywords: *hidden wiring, hidden wiring detector, electrostatic detector, electromagnetic detector, metal detector*

При проведении ремонтных работ в помещении электромонтажному персоналу необходимо знать точное местонахождение электрического кабеля и проводов в стенах и перекрытиях, а также иметь возможность проверить их целостность. При отсутствии схемы электропроводки и даже при ее наличии необходим специальный прибор – детектор скрытой проводки. Проведение электромонтажных работ без него чревато возникновением серьезных негативных последствий для здоровья человека, которые могут возникнуть при повреждении проводки во время ведения ремонтных работ [1, 2].

Самые простые по конструкции электрические детекторы не обладают высокой точностью и способны осуществлять лишь поиск скрытых кабелей. Более дорогие и современные модели детекторов имеют существенно шире возможности применения. Они отличают обесточенную электрическую проводку от той, которая находится в данный момент под напряжением. В случае обрыва электрической цепи бывает весьма сложно обнаружить место повреждения провода. Даже если известно

местонахождение трассы проводов, вскрытие всей проводки является дорогим и трудоемким процессом. Универсальные электрические детекторы скрытой проводки позволяют избегать подобных проблем при ведении электромонтажных работ [3, 4].

Различают электростатические, электромагнитные и металлодетекторные приборы. Электростатические детекторы имеют широкий радиус действия. Они применимы для поиска скрытых электрических проводов, которые под напряжением. Однако такой прибор будет к сожалению реагировать на наличие металлических конструкций и повышенной влажности в стене, что ведет к увеличению погрешности измерений. Подобные устройства подойдут для жилых помещений. [3–5].

Электромагнитные обеспечивают более качественный и точный результат. Они удобны в работе и более надежны. Однако ведение поиска электрических проводов, которые обесточены или слабо нагружены, может привести к сильно искаженным результатам.

Металлодетекторные приборы предназначены для поиска обесточенных проводов внутри стен. Однако такой детектор будет реагировать на наличие любых предметов из метала, будь то провод, шуруп, арматура или гвоздь. Это существенно осложняет процесс выявления скрытой в стене проводки.

Комбинированные приборы являются более дорогостоящими, ведь они сочетают в своей конструкции различные системы поиска. Такие приборы позволяют успешно вести поиск расположения провода, а также определить глубину его залегания. Так же можно безошибочно выяснить, обесточен ли кабель или находится под напряжением (см. Табл. 1).

Таблица 1

Характеристики детекторов скрытой проводки

Марка		Bosch GMS 120 Professional	Mastech MS6906	UNI-T UT387B	Floureon TH210	Skil detector 550	ADA Wall Scanner 80
Глубина обнаружения	проводка под напряжением	50	75	50	76	50	50
	черный металл	120	30-50	80	76	80	80
	цв. металл	80	–	80	76	60	60
	Дерево	38	30-50	20	38	20	20
Цена, руб.		8400	3400	4000	2400	4600	3400

Исходя из изученного материала, можно выделить комбинированный детектор. Комбинация электростатического, электромагнитного и металлодетекторного принципа поиска электрических сетей позволяют

точно определить, где находится электропроводка независимо от внешних факторов. С их помощью также можно понять обесточен кабель или нет. Самыми популярными приборами на сегодняшний день являются универсальные детекторы электропроводки в стенах и других конструктивных элементах зданий. Приборы для поиска скрытой проводки значительно облегчают деятельность электромонтажного персонала.

Источники

1. Иванова В.Р., Фетисов Л.В. Разработка учебного стенда для эффективной и безопасной эксплуатации резервного электроснабжения на промышленных предприятиях // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2018. № 9-10. С.120 -129.

2. Андреев А.Ю., Качалуба О.Д. Детектор скрытой проводки // Студенческая наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК: сб. тр. XVII научно-практ. конф. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2018. С. 175-178.

3. Гайнуллин И.И., Орлов А.В. Детекторы для поиска скрытых кабелей // Роль инноваций в трансформации современной науки: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф.: в 6 частях. Уфа, 2017. С. 36-39.

4. Пахомов А.В., Бояринов Е. Детектор скрытой проводки // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : сб. тр. IV Студенческой научно-практической конференции. 2021. С. 747-752.

5. Исаев А.А., Ларин Д.А. Универсальный малогабаритный искатель // Гагаринские чтения: сб. тез. докл. XLIV Международной молодёжной научной конференции. 2018. С. 158-159.

УДК 621.224-523.3

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНИ-ГЭС

Мухаматяров Мират Ринатович [1], Максакова Елена Дмитриевна [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]muhamatarovmirat@gmail.com, [2]maksakova_alena@mail.ru

Аннотация: Актуальность внедрения автоматической системы управления технологическим процессом определяется в необходимости модернизации гидротурбин, которые установлены на впуске очищенной воды в водоем. Это связано с тем, что выработка электроэнергии на мини-ГЭС осуществляется за счет перепада уровня верхней и нижней бьефами сточных вод. Нынешние системы управления процессом установлены более 15 лет назад и не соответствуют современным стандартам и требованиям. Поэтому такие системы можно признать устаревшими.
Ключевые слова: АСУ ТП, мини-ГЭС, системы управления процессом.

INTRODUCTION OF AN AUTOMATIC PROCESS CONTROL SYSTEM IN THE USE OF MINI-HYDROELECTRIC POWER PLANTS

Mukhamatyarov Mirat Rinatovich [1], Maksakova Elena Dmitrievna [2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia[1]
muhamatarovmirat@gmail.com, [2]maksakova_alena@mail.ru

Abstract: *The relevance of the introduction of an automatic process control system is determined by the need to modernize the hydraulic turbines that are installed at the inlet of purified water into the reservoir. This is due to the fact that electricity generation at mini-hydroelectric power plants is carried out due to the difference in the level of the upper and lower wastewater streams. The current process control systems were installed more than 15 years ago and do not meet modern standards and requirements. Therefore, such systems can be considered obsolete.*
Keywords: *Automated process control systems, mini-hydroelectric power plants, process control systems.*

Автоматическая система управления технологическим процессом – это комплекс программных и технических средств, предоставленных для автоматического управления технологическим процессом и оборудованием. Система может состоять из отдельных САУ или же комплекса устройств, объединенных для решения автоматизации с целью обеспечения максимальной эффективности решения задач.

Структура АСУ ТП представляет собой один или несколько пультов управления, шкаф для сбора. Передачи и обработки той или иной информации, датчики, контроллеры и т.д.

Разработка АСУ ТП и ее внедрения состоит из рада шагов такие как:

– проектирование АСУ ТП;

– программное обеспечение;

– программирование контроллеров;

– диагностика всей системы;

– диспетчеризацию.

Разработка и внедрение АСУ ТП в мини ГЭС состоит из ряда этапов. Первый этап включает себя решение вопросов автоматизации системы коммерческого устройства электроэнергии. Далее происходит разработка программного обеспечения для передачи и учета информации относительно отпуска электроэнергии. Дополнительными задачами данного этапа является поэтапная диагностика системы и обучения персонала работе с новым оборудованием.

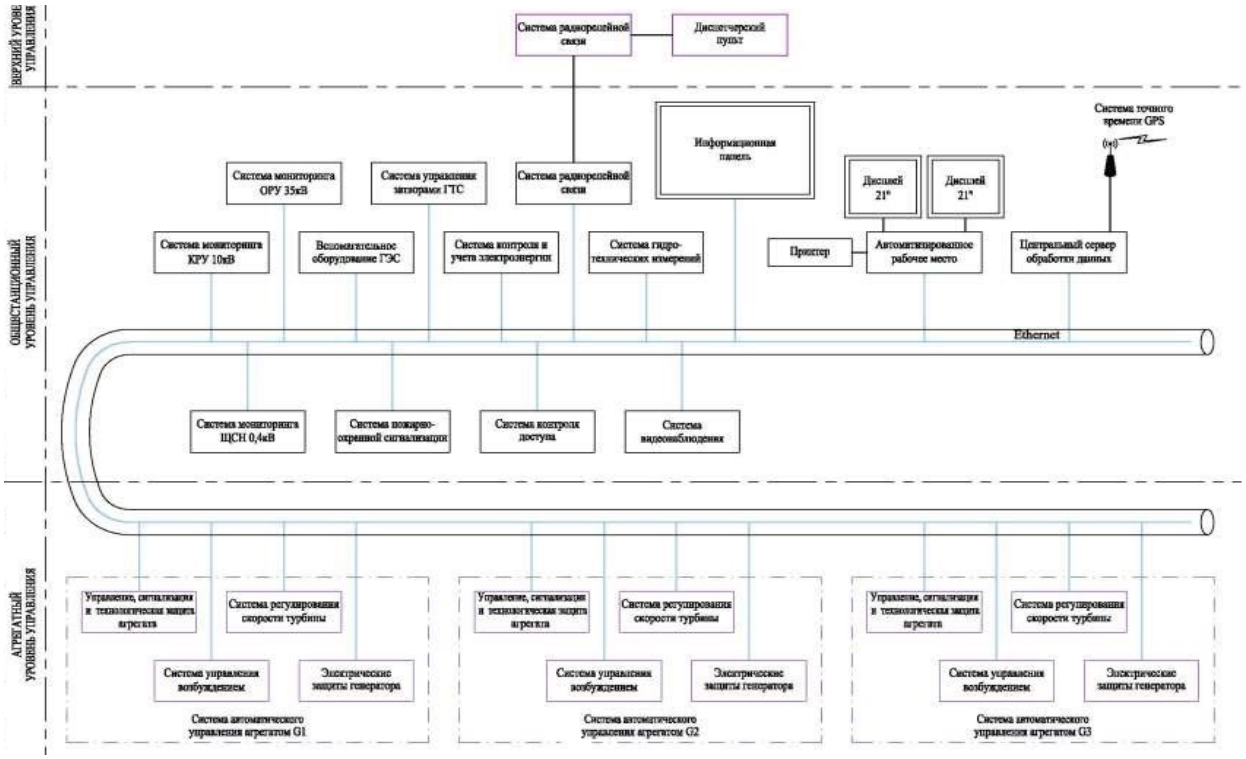
Второй этап состоит из обеспечения автономности мини ГЭС в нормальном режиме работы. Стоит задача по дистанционной работе мини ГЭС, контроля автоматической работы, работы защит оборудования, тем самым сократит рабочий персонал.

Так же АСУ должна выполнять следующие задачи:

– контролировать уровень воды в верхнем бассейне и останавливать агрегаты в случае достижении минимального уровня;

– контролировать режим работы генераторов с использованием измерительных приборов.

Реализация данной АСУ ТП требует также программного обеспечения, которое для отдельной мини ГЭС требует капитала вложения и расход времени. Но при установке данной системы. Повысится эффективность надежности и использование водного потенциала.



Структурная схема АСУ ТП мини-ГЭС.

Источники

1. Нуриахметов И.Б., Рудаков А.И. Системы автоматического регулирования низконапорными гидроагрегатами микро-ГЭС для автономных потребителей. // Сб. тр. всерос. н-техн. конф. «Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологий (ПЭЭЭ). Тольятти: изд-во ТГУ, 2017 г. С.523-529.

2. Авилов В.Д., Серкова Л.Е. Малая энергетика. Ч.1,2. // Ж. «Национальные приоритеты России» №1(1), 2009.С.1 26.

3. Филиппова Т.А., Секретарев Ю.А., Мошкин Б.Н. Оценка эксплуатационного состояния гидроагрегатов в АСУ ТП ГЭС [Текст] // Электрические станции. - 1988. - № 11. - С. 43-46.

4. Васильев Ю.С. и др. Использование водной энергии М.: Энергоатомиздат, 1995–608 с.

5. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами гидроэлектростанций. М.: Изд. МЭИ, 2005.

УДК 539.3

ПРИНЦИП ПОЯВЛЕНИЯ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭФФЕКТА В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКТЮАТОРАХ

Немцева Маргарита Алексеевна [1], Сидоров Александр Евгеньевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*nemceva99@gmail.com*

Аннотация: В статье представлен принцип появления пьезоэлектрического эффекта в пьезокерамических материалах на примере титаната бария $BaTiO_3$.
Ключевые слова: пьезокерамика, пьезоэффект, актюатор, поляризация.

PRINCIPLE OF THE APPEARANCE OF DIRECT AND REVERSE PIEZO EFFECT IN PIEZOELECTRIC ACTUATORS

Nemtseva Margarita Alekseevna[1], Sidorov Alexander Evgenievich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*nemceva99@gmail.com*

Abstract: *The article presents the principle of the appearance of the piezoelectric effect in piezoceramic materials using the example of barium titanate BaTiO3.*
Keywords: *piezoceramics, piezoelectric effect, actuator, polarization.*

При создании пьезокерамических материалов важнейшую роль играет элементарная ячейка структуры материала [1]. При многократном повторении элементарной ячейки получают кристалл вещества. На примере титаната бария $BaTiO_3$ можно подробнее рассмотреть пьезоэлектрический эффект.

При воздействии температуры выше точки Кюри на элементарную ячейку $BaTiO_3$ она имеет кубическую форму. Если температура ниже критической, то элементарная ячейка искажается тетрагонально [5]. В результате происходит смещение ионов, что приводит к возникновению электрического дипольного момента, диполи соседних элементарных ячеек упорядочиваются в одном направлении и образуют домены (рис. 1).

Направление поляризации доменов происходит по статическому закону, а неупорядоченные микрокристаллы не дают пьезоэффект. После поляризации материала при температуре немного ниже критической и после его охлаждения структура кристаллов и упорядоченность поляризации остаются стабильными [4].

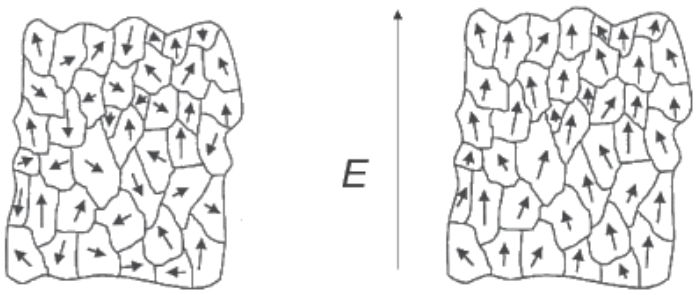


Рис. 1. Неупорядоченная поляризация и упорядоченная поляризация доменов при наложении сильного электрического поля

Далее при механическом воздействии на пьезоэлектрический материал параллельно направлению поляризации все элементарные ячейки актюатора деформируются, центры тяжести элементарных ячеек смещаются, в результате чего на поверхности актюатора возникает электрический заряд [2, С.138]. Такое явление называют прямым пьезоэффектом.

На рисунке 2 схематично изображен обратный пьезоэффект с продольной деформацией актюатора.

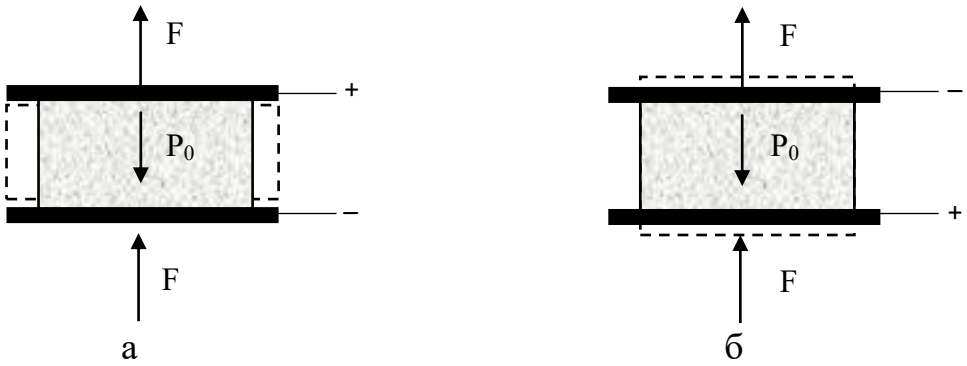


Рис. 2. Продольная деформация растяжения и сжатия пьезоэлемента

При необходимости возникновения обратного пьезоэффекта актюатор сверху и снизу покрывают тонким слоем серебра, которое будет выступать в роли электродов [3]. Так для деформации актюатора на электроды подают электрическое напряжение, благодаря чему элементарные ячейки актюатора деформируются и актюатор меняет свою толщину. При подаче на электроды знакопеременного напряжения актюатор в такт смены знака напряжения упруго колеблется.

Источники

1. Карюков Е.В., Панич В.К., Доля В.К. Пористые пьезокомпозиционные материалы на основе пьезокерамики ПКП-12: науч. ст. Инженерный вестник Дона, №4, 2017.

2. Крауткремер Й., Крауткремер Г. Справочник. Ультразвуковой контроль материалов М.: Металлургия, 1991.

3. Любченко Р.В. Разработка системы термического соединения пьезоматериалов с металлическими подложками: науч. ст. /Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ, 2016. – С.232-234.

4. Нестеров А.А., Панич А.А., Толстунов М.И. Технологические приемы создания керамических пьезоматериалов с оптимальной, для ультразвуковых преобразователей, совокупностью параметров Известия ЮФУ. Технические науки №7, 2018. С.74-85.

5. ГОСТ Р 8.936-2017 Пьезокерамические материалы. Диэлектрические, пьезоэлектрические и упругие характеристики при температуре 25^{o}С.

УДК 332.14

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ РАЗВИТЫХ СТРАН

Рахматуллин Самат Султанович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
samatrakhmatullin@gmail.com

Аннотация: Рассматриваются нынешнее положение и развитие энергосбережения и энергоэффективности в сфере ЖКХ стран-участниц ОЭСР и России. Представляются ключевые результаты исследования Международного энергетического агентства и перечисляются соответствующие мероприятия, программы и финансирование по данному направлению в РФ.
Ключевые слова: ЖКХ, ОЭСР, МЭА, энергосбережение, энергоэффективность

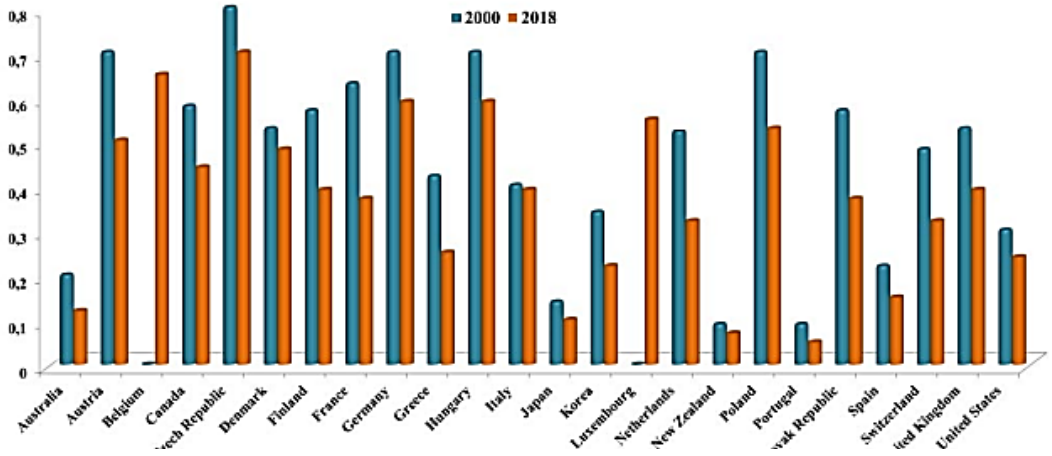
CURRENT DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY CONSERVATION IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR IN DEVELOPED COUNTRIES

Rakhmatullin Samat Sultanovich
FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
samatrakhmatullin@gmail.com

Abstract: *The present situation and development of energy saving and energy efficiency in the sphere of housing and communal services in OECD countries and Russia are considered. The key results of the International Energy Agency study are presented and the relevant activities, programs and financing in this area in the Russian Federation are listed.*
Keywords: *Housing and utilities, OECD, IEA, energy conservation, energy efficiency*

На протяжении многих лет государства-члены Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) проводят исследования по энергоэффективности жилых и нежилых объектов [1, 2]. По данным входящего в ОЭСР Международного энергетического агентства (МЭА), на отопление помещений в жилом секторе приходится более половины энергопотребления в развитых странах. Естественно, диапазон показателей велик и зависит от регионов, климатических условий: наибольшая доля приходится на европейские государства (73 % в Бельгии и 72 % в Венгрии), а наименьшая – на страны Азии и Океании (Япония – 26 % и Новая Зеландия – 30 %) [3, С. 4].

Повышение энергоэффективности отопления жилого сектора в 21 веке – актуальная проблема и наблюдается во всех странах ОЭСР за счет улучшения теплоизоляции, реконструкции домов и усовершенствования оборудования [1, 2]. Эффекты заметны в тенденциях интенсивности отопления жилых помещений, которая за 18 лет значительно снизилась в большинстве стран МЭА (рис.). Например, в Финляндии, Франции, Германии и Корее на показатель снизился на 30 % с 2000 года. Страны же с теплым климатом имеют более низкую норму отопления и собственную динамику изменения потребления энергии [3, С. 5; 4].



Потребление энергии в странах-членах ОЭСР в 2000 и 2018 годах, ГДж/м^2

Вопрос повышения энергоэффективности и энергосбережения существует и в не входящей в МЭА и, соответственно, в ОЭСР России. В настоящее время Минэкономразвития прорабатываются вопросы устранения барьеров для внедрения энергосервисных контрактов в жилищном фонде [5], активно внедряется энергоэффективное оборудование и реализовывается комплекс мероприятий по оптимизации балансов производства электрической и тепловой энергии [6, 7], совершенствуется законодательство, в том числе в Республике Татарстан [8, С. 160]. В 2019 г. объем финансирования соответствующих программ составил около 135 млрд. рублей, что в полтора раза больше, чем в 2018 г. Однако стоит отметить, что большинство регионов РФ, в отличие от столицы страны, не применяют всех возможностей программ и нестабильно заключают энергосервисные контракты, от чего разница по этому направлению может составлять свыше 10% от года в год [6, 7].

В общем случае существующие и планируемые попытки повышения энергоэффективности и энергосбережения имеют потенциал в ЖКХ и позволяют сокращать и экономить такие потребляемые населением многих

стран ресурсы как электрическая, тепловая энергии, водоснабжение и водоотведение.

Источники

1. Statistics report Energy Efficiency Indicators Highlights, International Energy Agency [Электронный ресурс]. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-efficiency-indicators-highlights (дата обращения: 02.10.21).

2. Energy Efficiency 2020, International Energy Agency https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020 (дата обращения: 03.10.21).

3. Shilkina S. Application of the Energy Service Contract to Improve Energy Efficiency in Use of Resources in the Housing and Utility Complex //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 263. – С. 04012.

4. Energy efficient building design [Электронный ресурс]. https://energyeducation.ca/encyclopedia/Energy_efficient_building_design (дата обращения: 04.10.21).

5. Петр Бобылев: у нас значительный потенциал повышения энергоэффективности в жилищном фонде [Электронный ресурс]. https://www.economy.gov.ru/material/news/petr_bobylev_u_nas_znachitelnyy_potencial_povysheniya_energoeffektivnosti_v_zhilishchnom_fonde.html (дата обращения: 05.10.21).

6. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской федерации за 2019 год [Электронный ресурс]. https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energosberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2019_god.html (дата обращения: 06.10.21).

7. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской федерации за 2018 год [Электронный ресурс]. https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energosberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2018_god.html (дата обращения: 06.10.21).

8. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энерго-ресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 1. С. 156–166.

УДК 621.311

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Салахутдинов Булат Маратович[1], Шириев Равиль Рафисович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]bulat110@mail.ru, [2]shrr@list.ru

Аннотация: Применение трекеров, способных следуя за положением Солнца поворачивать платформу солнечной батареи, позволит повысить эффективность солнечных электростанций. В работе предложена программа управления солнечным трекером.

Ключевые слова: солнечный трекер, солнечная электростанция, программа управления, микроконтроллер.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MOBILE SOLAR POWER PLANTS

Salakhutdinov Bulat Maratovich[1], Shiriev Ravil Rafisovich[2],
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]bulat110@mail.ru, [2]shrr@list.ru

Abstract: *The use of trackers designed to track the Sun will increase the efficiency of solar power plants. The paper proposes an algorithm for the solar tracker control program.*

Key words*: solar tracker, solar power plant, control program, microcontroller.*

Современные тенденции развития экономики способствуют увеличению доли малых и мобильных солнечных электростанций относительно небольшой мощности. Ведется поиск путей увеличения эффективности преобразования энергии светового потока небосвода в электрическую энергию [1, 2]. Многие солнечные электростанции относительно небольшой мощности в своей конструкции применяют неподвижные солнечные панели (рис. 1).

Одним из часто применяемых способов увеличения эффективности электростанций на солнечных батареях является применение устройств поворота и корректировки ориентации в пространстве солнечных панелей в автоматическом режиме по заранее заданным координатам либо путем автоматического слежения за положением небесного светила [2, 3].



Рис. 1. Внешний вид малых солнечных электростанций
с неподвижными солнечными панелями

В работе представлены предварительные наработки в рамках разработки подобной установки. В частности разработана программа автоматического управления трекером солнечной батареи на свободно программируемом контроллере ПЛК 150.I-M фирмы ОВЕН.

Работа программы заключается в считывании данных с фоторезисторов, расположенных на датчике. Далее производится сравнительный анализ потенциалов на фоторезисторах и дается команда на поворот вала двигателя привода. При изменении положения Солнца изменяются и входные данные на датчиках. Программа обеспечивает выполнения сравнительного анализа полученных данных микроконтроллером и подачу команд на поворот вала двигателя привода платформы солнечных панелей в нужное направление.

Программа написана на языке ST [4, 5], фрагмент которой с пояснением каждого параметра в скобочке представлен на рис. 2.

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR CONSTANT
0003     SENSOR_COUNT     :UINT := 1; (* кол-во датчиков = кол-во двигателей *)
0004     RESISTOR_COUNT :UINT := 5;   (* кол-во фоторезисторов *)
0005 END_VAR
0006 VAR
0007     Sensor_Resistor_values :ARRAY[0..SENSOR_COUNT, 0..RESISTOR_COUNT] OF UINT;     (* показания фоторезисторов для каждого датчика *)
0008     Sensor_max_value    :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF UINT; (* текущее максимальное значение для каждого датчика *)
0009     Max_value_sensor    :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF UINT; (* на каком из датчиков максимальное значение *)
0010
0011     Engine_to_work_right     :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF BOOL; (* команда на работу двигателей *)
0012     Engine_to_work_left  :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF BOOL; (* команда на работу двигателей *)
0013
0014     rtrig_max_value_changed     :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF R_TRIG;   (* фиксируем, что максимальное значение поменялось *)
0015     last_max_value_sensor  :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF UINT; (* на каком из датчиков максимальное значение *)
0016
0017     Engine_needed_resistor :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF UINT; (* на какой резистор нужно переместиться *)
0018
0019     i, j  :UINT;
0020     sim_engine_resistor_pos     :ARRAY[0..SENSOR_COUNT] OF UINT; (* имитация положения двигателя при движении *)
0021     engine_resistor_position :ARRAY[0..SENSOR_COUNT, 0.. RESISTOR_COUNT] OF UINT; (* имитированные фиксированные позиции каждого резистора для каждого датчика *)
0022     done_once     :BOOL;
0023     max_pos   :UINT;  (* максимально возможная позиция (для имитации *)
0024 END_VAR
0025
0026
0027
0028
```

Рис. 2. Фрагмент программы автоматического управления
трекером солнечной панели на языке ST

Практическое применение представленной разработки позволит повысить увеличить коэффициент полезного действия солнечных панелей и эффективность работы малых и мобильных солнечных электростанций.

Источники

1. Зиганшина И.В., Шириев Р.Р. О солнечной энергетике в России // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VI Национал. научно-практич. конф. В двух томах. Казань, 2020. С. 292-294.

2. Рудаков А.И., Максимова В.А. Повышение энергоэффективности солнечных фотоэлектрических установок // в сборнике: Наука. Технология. Производство – 2019: Моделирование и автоматизация технологических процессов и производств, энергообеспечение промышленных предприятий. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 100-летию образования Республики Башкортостан. 2019. С. 193-196.

3. Кашкаров А.А. Солнечные батареи и модули как источники питания // Современная электроника. 2015. № 5. С. 8-15.

4. Петров И.В., Дьяконов В.П. Программируемые логические контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Москва.: СОЛОН-Пресс, 2004. 246 с.

5. Овен язык программирования ST [Электронный ресурс]. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=t83rrkpIuLE (дата обращения: 24.10.2021).

УДК 621.311

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Толкушкина Ольга Ивановна[1], Кадыров Гадель Мансурович[2],
Полонская Мария Николаевна[3]
[1,2,3]ГАПОУ «Казанский энергетический колледж», г. Казань, Россия
[1,2,3]*olga10573@mail.ru*

Аннотация: Расчет электрической нагрузки жилых зданий - это основная часть при проектировании многоквартирного дома. Величина электрической нагрузки влияет на стоимость технологического присоединения, а, соответственно, и на стоимость квартир. В настоящее время в Республике Татарстан было внедрено постановление, позволяющее снизить стоимость технологического подключения к электрическим сетям. Также важно отметить, что выбор оборудования по правильному расчету электрической нагрузки позволит уменьшить потери электроэнергии.

Ключевые слова: энергосбережение, распределительные электрические сети, удельные значения электрической нагрузки.

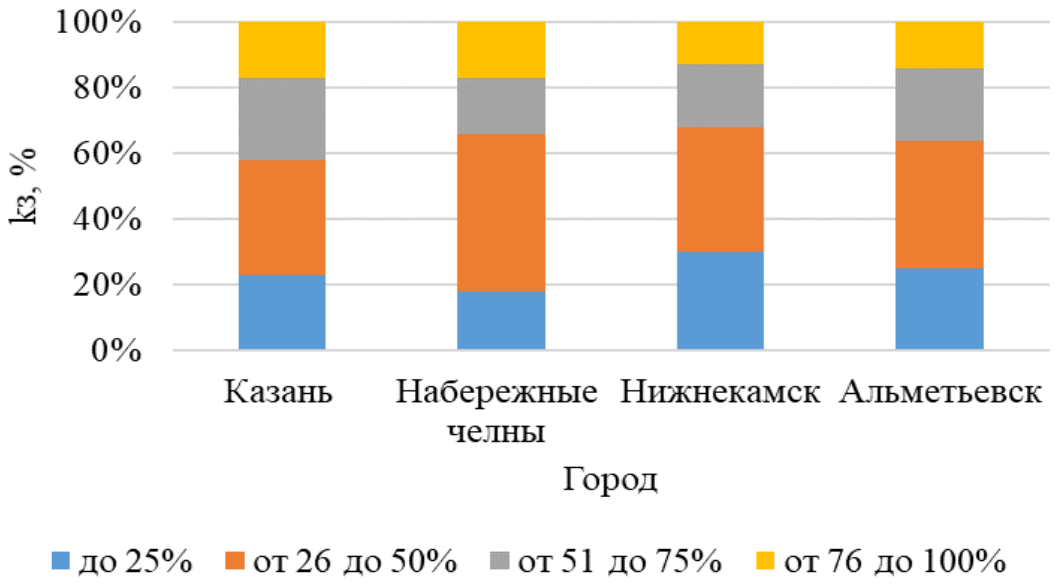
DESIGN OF ELECTRIC NETWORKS OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN TAKING INTO ACCOUNT MODERN REQUIREMENTS

Tolkushkina Olga Ivanovna[1], Kadyrov Gadel Mansurovich[2], Polonskaya Maria Nikolaevna[3]
[1,2,3] GAPOU «Kazan Energy College», Kazan, Russia
olga10573@mail.ru

Abstract: *The calculation of the electrical load of residential buildings is the main part in the design of an apartment building. The magnitude of the electrical load affects the cost of technological connection, and, accordingly, the cost of apartments. At present, a decree has been introduced in Tatarstan, which allows to reduce the cost of technological connection to power grids. It is also important to note that the choice of equipment according to the correct calculation allows you to reduce energy losses.*

Keywords: *energy saving, distribution electric networks, specific values of electrical load.*

В связи с тем, что широкое внедрение получили электроприборы с высоким классом электропотребления, и долгое время использовались старые нормативы, привело к тому, что силовые трансформаторы 10/0,4 кВ оказались недогруженными по ряду городов.



Загрузка трансформаторов

Важно отметить, помимо актуализации нормативных [1, С.42] требований необходимо и соблюдение качества электроэнергии (КЭЭ) [2, С.55], так как в связи с установкой интеллектуальных приборов учета до 2023г. потребитель будет контролировать КЭЭ [3, С.45].

Ниже приведена калькуляция стоимости технологического присоединения МКД высотой 10 этажей, имеющего 4 подъезда, 120 квартир, с электрическими плитами [4, С.2], для которого расчетная нагрузка, полученная по нормативам СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» [5, С.56], составила N=221,8 кВт (Вариант 1), а по постановлению Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2013 № 1071 «Об утверждении республиканских нормативов градостроительного проектирования Республики Татарстан» [6, С.158], составила N=140,2 кВт (Вариант 2). Расчеты производились в соответствии с учетом затрат на покрытие расходов на технологическое присоединение (коэффициенты С1), питающий кабель, прокладываемый в траншее (коэффициент С3), понижающую подстанцию (коэффициент С4).

Калькуляция затрат на технологическое присоединение зависящих от мощности нагрузки для МКД 120 квартир.

Вариант 1 - расчет платы за присоединение по стандартизированной тарифной ставке (свыше 150 кВт). $P_{ЗАЯВЛ}$ = 221,8 кВт. При принятом условном расстоянии до ТП L = 0,070 км по условию падения напряжения до 5% в нормальном режиме подходит кабель с алюминиевыми жилами сечением 150 мм^2. Таких кабелей два – по одному на каждый ввод. В

послеаварийном режиме падение напряжения – ниже 10%. Стоимость подключения Р = 457 449,5 руб.

Вариант 2 - расчет платы за присоединение по стандартизированной тарифной ставке (до 150 кВт) $P_{ЗАЯВЛ}$ = 140,2 кВт. При принятом условном расстоянии до ТП L = 0,070 км по условию падения напряжения до 5% в нормальном режиме подходит кабель с алюминиевыми жилами сечением 95 мм^2. Таких кабелей два – по одному на каждый ввод. В послеаварийном режиме падение напряжения – ниже 10%. Стоимость подключения Р = 219 320,4 руб. Разница между первым и вторым вариантом составляет 52,05%, демонстрируя важность актуализации нормативных документов.

Источники

1. Федотов А.И., Абдрахманов Р.С., Ахметшин А.Р. Обеспечение нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ с помощью вольтодобавочных трансформаторов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. № 09-10. С. 40-45.

2. Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Определение параметров симметрирующих трансформаторов // Промышленная энергетика. 2015. №1. С. 54-59.

3. Илюшин П.В., Тыквинский А.М. Особенности обеспечения надёжного электроснабжения промышленных потребителей в изолированных энергосистемах. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 1(41). С. 39-50.

4. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Y., Akhmetshin A.R. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. vol. 860. article number 012026. DOI:10.1088/1757-899X/860/1/012026.

5. Воропай Н.И., Ретанц К., Хэгер У., Томин Н.В., Курбацкий В.Г., Панасецкий Д.А., Колосок И.Н. Разработка инновационных технологий и средств для оценки и повышения гибкости современных энергосистем. Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 1 (64). С. 52-63.

6. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энерго-ресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок //Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. №1(23) С.156-166.

УДК 621.18

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ПАРОВЫХ КОТЛОВ НА НИЗКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Усиков Николай Васильевич[1], Дьяконов Евгений Михайлович[2],
Буренко Александр Александрович[3],
Михайлов Владимир Витальевич[4], Цыбулин Алексей Федорович[5]
[1,2] ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск,
[3]ООО «Индастриал инжиниринг», г. Ростов-на-Дону,
[4]ОАО «Красный котельщик», г. Таганрог, [5]ИП Колесников В.В., г. Ростов-на-Дону, Россия
[1,2,3,4,5]usikovnw@rambler.ru

Аннотация: В статье рассмотрено влияние характеристик сжигаемого топлива на выбор тепловой схемы котлов небольшой производительности. Показано влияние теплотворной способности и влажности топлива на показатели работы котлов.
Ключевые слова: параметры парового котла, тепловая схема, проектирование.

FEATURES OF CHOOSING THERMAL SCHEMES OF STEAM BOILERS FOR LOW PARAMETERS DURING DESIGN

Usikov Nikolai Vasilievich[1], Dyakonov Evgeny Mikhailovich[2],
Burenko Alexander Alexandrovich[3],
Mikhailov Vladimir Vitalevich[4], Tsybulin Alexey Fedorovich[5]
[1,2] FSBEI HE «South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova», Novocherkassk, [3]LLC «Industrial Engineering», Rostov-on-Don,
[4]OJSC «Krasny Kotelshchik», Taganrog, [5]IP Kolesnikov V.V., Rostov-on-Don, Russia
[1]usikovnw@rambler.ru

***Abstract**: The article discusses the influence of the characteristics of the combusted fuel on the choice of the thermal scheme of boilers of small capacity. The influence of the calorific value and moisture content of the fuel on the performance of the boilers is shown.*
***Key words**: parameters of a steam boiler, thermal diagram, design.*

Проектирование парового котла небольшой производительности на низкие параметры пара тесно связано с правильностью выбора технологической схемы подготовки и организации сжигания топлива и тепловой схемой котла [1 – 3]. Технологическая схема подготовки и сжигания топлива определяет в значительной мере эффективность использования топ-

лива, надежность работы поверхностей нагрева и экологические показатели [1, 3].

Согласно [1 – 3] тепловая схема котла определяется как совокупность технических решений по организации движения и теплообмена потоков теплоносителей в газоходах и поверхностях нагрева, а также регулирования температуры перегретого пара.

Исходные данные для разработки тепловой схемы котла задаются техническим заданием (ТЗ) на проектирование. Основным условием разработки тепловой схемы являются реперные (опорные) точки по температурам в топке и продуктов сгорания по газовому тракту, параметры рабочего тела и воздуха, определяющие достижение поставленных целей по экономичности и надежности.

Современные возможности тепловых и гидравлических расчетов паровых котлов [4 – 6], обусловленные наличием программных продуктов (например, Boiler Designer и др.), а также возросшие возможности вычислительной техники позволяют за приемлемое время рассчитывать много вариантов тепловых схем.

Сложилось так, что тепловые схемы паровых котлов рассматривались в основном для котлов высоких и сверхвысоких параметров по производительности, температурам и давлениям пара и т. п. Это связано с необходимостью повышения КПД котлов (и энергоблоков). На этом пути получены впечатляющие достижения [7], например, при переводе котла ТГМЕ-444 Ростовской ТЭЦ-2 на сжигание природного газа вместо мазута.

Опыт работ в этом направлении показал, что характеристики топлива, особенно теплотворная способность и влажность, оказывают значительное влияние на тепловую схему котла.

При использовании котлов для сжигания бытовых отходов на мусоросжигательных заводах «топливо» имеет резкопеременный состав по влажности в годовом разрезе и, соответственно, сильно изменяющуюся теплотворную способность. Это заставляет принимать определенные меры по стабилизации сжигания, в частности, большую подачу природного газа для поддержания температуры продуктов горения в реперных точках котла.

Если посмотреть на *h-s* номограмму воды и водяного пара, то будет видно, что основная доля тепла топлива расходуется на испарение воды, и значительно меньшая – на подогрев воды в экономайзере и паропарегревательных поверхностях.

Поэтому при сжигании ТБО целесообразно увеличивать количество тепла, которое вносится в топку, что позволит одновременно и стабилизировать горение отходов, и улучшить показатели экономичности котла (при

условии соблюдения требований по выбросам вредных веществ в атмосферу).

В работе мы высказывали мнение, что современные методы расчетов позволяют смоделировать процессы горения таких топлива, как ТБО, разработать технологические схемы подготовки и сжигания, а также с лучшим понимаем подходить к разработке тепловых схем котельных установок [8].

Проекты котлов на низкие параметры вырабатываемого пара пока еще не в полной мере используют имеющиеся возможности. Можно надеяться, что такое положение будет постепенно меняться, и в проектировании котлов с низкими параметрами пара будут применяться более современные методы и методики.

Источники

1. Паршин А.А., Митор В.В., Безгрешнов А.Н., Шлейфер Б М., Петров В.В., Христич Л.М. Тепловые схемы котлов. М.: Машиностроение, 1987, 224 с. с илл.

2. Безгрешнов А.Н. Принятие проектных решений при проектировании паровых котлов. Новочерк. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: НГТУ, 1997, 126 с.

3. Изюмов М.А. Методология принятия технических решений на стадии проектирования паровых котлов: Учебное пособие по курсу «Конструирование паровых котлов». М.: Изд-во МЭИ, 1999, 108 с. с ил.

4. Беднаржевский В.С. Математические модели – основа систем автоматизированного проектирования перовых котлов//Теплоэнергетика. 1997. № 9. с. 20–23.

5. Гиль А.В., Старченко А.В., Заворин А.С.. Применение численного моделирования топочных процессов для практики перевода котлов на непроектное топливо. Томск, 2011, 183 с. с ил.

6. Кали Б. Анализ возможностей совершенствования тепловой схемы и повышения эффективности работы энергоблока 110 МВт с котлоагрегатом ТГМЕ-464. Алматинский университет энергетики и связи, институт докторантуры и магистратуры. Сборник научных трудов «Энергетика, радиотехника, электроника и связь». Теплоэнергетика/Под общей редакцией А. А. Кибарина – Алма-ты: АУЭС, 2017.20-25 с.

7. Безгрешнов А.Н., Усиков Н.В., Дьяконов Е.М. Исследование и модернизация тепловой схемы котла ТГМЕ-444 с целью повышения надежности и экономичности его работы. *Вестник ИГТУ*. 2020. Т. 24. № 2. С. 303 - 317. https://doi.org/10.21285/1814-3520-2020-2-00-00

8. Усиков Н.В., Дьяконов Е.М., Михайлов В.В. Проектирование котельных установок (прошлое, настоящее и возможное будущее). American Scientific Journal № (43) / 2020. С. 51-55. https://doi.org/10.31618/asj.2707-9864.2020.1.48.52.

УДК 621.316

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ НАГРУЗОК НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Червяков Денис Юрьевич[1], Сошинов Анатолий Григорьевич[2]
[1,2]«Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Камышин, Россия
[1]DY25092004@mail.ru, [2]epp@kti.ru

Аннотация: Потребители с нелинейным характером нагрузки занимают большее место в составе приемников электрической энергии на промышленных предприятиях, в жилищно-коммунальном хозяйстве и в распределительных сетях. В статье идёт речь о влиянии нелинейных нагрузок на показатели качества электрической энергии и энергетическую эффективность систем электроснабжения коммунально-бытовых электроприемников. Приводится перечень мероприятий по предупреждению негативного воздействия высших гармоник, а также повышению надежности и эффективности электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: нелинейная нагрузка, энергоэффективность, качество электрической энергии, жилищно-коммунальное хозяйство.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF NONLINEAR LOADS ON THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY

Chervyakov Denis Yuryevich[1], Soshinov Anatoly Grigoryevich[2]
[1,2]«Kamyshin Technological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University»,
Kamyshin, Russia
[1]DY25092004@mail.ru, [2]epp@kti.ru

Abstract: *Consumers with a non-linear nature of the load occupy a larger place in the composition of electric energy receivers at industrial enterprises, in housing and communal services and in distribution networks. The article deals with the influence of nonlinear loads on the quality of electrical energy and the energy efficiency of power supply systems of municipal electric receivers. The list of measures to prevent the negative impact of higher harmonics, as well as to improve the reliability and efficiency of power supply to consumers is given.*

Keywords: *nonlinear load, energy efficiency, quality of electric energy, housing and communal services.*

Проблема обеспечения качества электрической энергии (КЭ) в системах электроснабжения промышленных предприятий и коммунально – бытовых электроприемников (ЭП) продолжает оставаться актуальной.

Электромагнитная составляющая экономического ущерба от понижения КЭ определяется следующими факторами: возрастанием потерь электроэнергии (ЭЭ); снижением надёжности электроснабжения; уменьшением достоверности учёта ЭЭ. Отсюда видно, что показатели КЭ непосредственно влияют на энергоэффективность систем электроснабжения [1, С.207–213]. Качество электрической энергии зависит не только от производителя, но и от параметров потребителей электрической энергии. Негативное влияние на качество ЭЭ оказывают потребители с нелинейным характером нагрузки [2, С.75–82].

В современных электрических сетях, питающих коммунально-бытовые электроприемники (жилые дома и общественные здания), нелинейный характер потребления имеют многие электроприборы. Из перечня бытовых электроприборов, как нелинейные элементы можно выделить: персональные компьютеры и телевизоры – как приборы, имеющие импульсные блоки питания; дрели, стиральные машины, пылесосы - как приборы, имеющие двигатели с регулируемой скоростью вращения; СВЧ печи - как приборы, имеющие преобразователи частоты; энергосберегающие лампы - как приборы газоразрядного освещения и т.д. Таким образом, потребители с нелинейной нагрузкой составляют значительную долю от общей нагрузки электрических сетей 0,38 кВ, питающих жилые дома и общественные здания [3, С.172].

За последние 3 года центр электромагнитной безопасности исследовал в Москве состояние систем электроснабжения в крупнейших зданиях, имеющих сети с сотнями и тысячами компьютеров. Проанализировав собственные данные и зарубежные публикации, специалисты сделали вывод о том, что в России возникла новая серьезнейшая проблема. Суть проблемы в том, что сети электроснабжения 0,4 кВ в зданиях, оснащенных компьютерной техникой, «заражены» высшими гармоническими составляющими тока и напряжения [4].

В результате необратимых физико-химических процессов, протекающих под воздействием полей высших гармоник, а также повышенного нагрева токоведущих частей наблюдается: ускоренное старение изоляции электрических машин, трансформаторов и кабелей; ухудшение коэффициента мощности ЭП; ухудшение или нарушение работы устройств автоматики, телемеханики, компьютерной техники и других устройств с элементами электроники. Также наблюдаются погрешности измерений индукционных счетчиков электроэнергии, которые приводят к неполному учету потребляемой электроэнергии и нарушение работы самих вентильных преобразователей при высоком уровне высших гармонических составляющих [5]. Действия по предупреждению негативного воздействия высших гармоник [6]:

– выделить полную номенклатуру всех электропотребителей общего назначения, относящихся к категории нелинейных;

– провести диагностику состояния сети электропитания и дать прогноз её работы с точки зрения оценки доли высших гармоник, качества электроэнергии, токовых нагрузок фазных и нулевых рабочих проводников с учетом несинусоидальности токов и напряжений;

– учитывать влияние нелинейности нагрузок электропотребителей и наличие высших гармонических составляющих при выполнении проектов реконструкции существующих систем электроснабжения и разработке новых проектов;

– прогнозировать возможные последствия роста компьютерных нагрузок при расширении компьютерных сетей [6].

Таким образом, анализ и учёт влияния нелинейных нагрузок на показатели качества электрической энергии, снижение уровня высших гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения являются одними из действенных способов повышения надежности и энергоэффективности электроснабжения потребителей.

Источники

1. Черепанов А.В., Тихомиров В.А., Куций А.П. Влияние несимметрии напряжения на энергетическую эффективность //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017 Т. 56, №4, С. 207-217.

2. Наумкин И.Б., Паскарь И.Н., Завьялов В.Н. Влияние нелинейных нагрузок на качество электроэнергии // Вестник Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачёва. 2015. № 4 (110). С. 75-82.3.

3. Таранов М.М. Влияние современных электроприемников коммунально-бытового сектора на показатели качества электроэнергии и потери мощности в сетях 0,38 кВ: диссертация канд. техн. наук: 05.20.02; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина].- Москва, 2010.- 172 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/2006

4. Григорьев О., Петухов В., Соколов В., Красилов И. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ. [Электронный ресурс] http://www.news.elteh.ru/arh/2003/18_19/14.php (дата обращения 02.11.2021).

5. Влияние несинусоидальности напряжения. [Электронный ресурс] https://studopedia.ru/4_90810_vliyanie-nesinusoidalnosti-napryazheniya.html (дата обращения 02.11.2021).

6. Влияние гармоник напряжения и тока [Электронный ресурс] http://klmengineering.ru/ru/engineers/articles/vliyanie-garmonik-napryazheniya-i-toka/ (дата обращения 02.11.2021).

УДК 621-313.3

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЬНО-ПРОПУСКНОГО РЕЖИМА В ЗДАНИИ

Шамсемухаметов Ильнар Ильурович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
ilnarshamms@gmail.com

Аннотация: В работе продемонстрирована разработанная программа автоматизированной системы контрольно-пропускного режима в здании.

Ключевые слова: автоматизированная система, ПЛК, CodeSys, контроллер, светильники, датчик движения, датчик считывания.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PASSAGE CONTROL SYSTEM IN A BUILDING

Shamsemykhametov Ilnar Ilsurovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
ilnarshamms@gmail.com

Abstract: *The work demonstrates the developed program of the automated control system in the building.*

Keywords: *automated system, PLC, CodeSys, controller, lamps, motion sensor, readout sensor.*

Во многих офисных помещениях, зданиях иногда необходимо знать количество находившихся в здании людей. Для этого перед входом в сооружение устанавливают турникеты или иные устройства позволяющие установить контроль за передвижением людей.

В современных реалиях, в период короновирусной инфекции, необходимо ограничить количество людей находившихся в здании в зависимости от площади здания, для предотвращения передачи инфекции между людьми. В данной программе турникет считывает количество людей, как только количество людей в здании превысит определенную цифру, вход в здание будет закрыт.

В то же время необходимо обеспечивать необходимый световой поток для комфортного время провождения. Вследствие этого в здание необходимо установить источники света.

В данной работе рассматривалось создание программы для управления автоматизированной системой.

В ходе разработки автоматизированной системы была подготовлена программа, созданная в CodeSys 2.3.

Система автоматического регулирования контрольно-пропускного режима включает в себя:

– два датчика (на входе в помещение и на выходе из помещения);

– светодиодные светильники (в данной работе их 6 штук);

– датчик движения, устанавливаемый на входе в помещение;

– программируемый-логический контроллер.

Работа турникета в помещении осуществляется с помощью датчиков считывания. При появлении людей в здании будет загораться лампа, при их отсутствии лампа отключается. Также при появлении людей в помещение, когда значение переменной «Ludi» будет больше нуля, в помещении одновременно включатся шесть светильников

Источники

1. Минаев И.Г., Самойленко В.В. Программируемые логические контроллеры / Ставрополь: «АГРУС», 2009. 100 с.

2. Петров И.В., Дьяконов В.П. Программируемые логические контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Москва.: СОЛОН-Пресс, 2004. 246 с.

3. Системы автоматического управления освещением зданий. [Электронный ресурс]. – URL: http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html. (дата обращения: 14.10.2021).

4. Минаев И.Г., Самойленко В.В., Ушкур Д.Г., Федоренко И.В. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления Учебное пособие. Ставрополь: «АГРУС», 2016. 168 с.

5. Компания «ОВЕН» Документация по CoDeSyS. [электронный ресурс]. http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335

УДК 621.355

ГРАВИТАЦИОННЫЙ СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ПЕРИОДЫ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК

Янов Тимофей Александрович[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]yanovtimofeii@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

Аннотация: В тезисе предложено рассмотреть гравитационный способ накопления энергии для снабжения потребителей электричеством в периоды пиковых нагрузок.

Ключевые слова:модель, гравитация, генератор, аккумулирование, генерация энергии, энергоэффективность.

GRAVITATIONAL METHOD FOR ACCUMULATING ELECTRIC ENERGY FOR SUPPLYING CONSUMERS DURING PERIODS OF PEAK LOADS

Yanov Timofey Alexandrovich[1], Denisova Alina Renatovna[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]yanovtimofeii@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

Abstract: *In the thesis, it is proposed to consider the gravitational method of energy storage for supplying consumers with electricity during periods of peak loads.*

Keywords*: model, gravity, generator, storage, energy generation, energy efficiency.*

В современном мире большинство ведущих компаний стремятся найти альтернативу химическим аккумуляторам, которые являются не самым эффективным решением для накопления большого объема электроэнергиис целью ее отдачи в пиковые нагрузки [1, 2]. Аккумуляторные батареи с мощностью в десятки МВт являются дорогостоящими, небезопасными и быстроизнашивающимися элементами.

Нивелировать неравномерность генерации и потребления электроэнергии за счет ее накопления в моменты избыточной генерации и отдачи при пиковом потреблении, может помочь гравитационный накопитель [3].

Технология гравитационного накопителя была предложена шотландской компанией в 2020 году. Она хорошо подходит для

обеспечения балансировки энергосетей и оперативного урегулирования частоты операторами энергосистем, так как сильной стороной данной технологии является работа в режиме многочисленных коротких циклов и высокой мощности.

Принцип работы гравитационного накопителя основывается на работе гиревых часов. В момент низкого энергопотребления специализированная установка преобразует избыточную электрическую энергию в потенциальную энергию гравитации за счет вертикального подъема массивных грузов. В момент недостаточной генерации электрической энергии груз начинает спускаться, тем самым вращение валов лебедок приводит в действие генераторывырабатывающие электроэнергию,возвращая ее в сетьв момент пикового потребления [4].

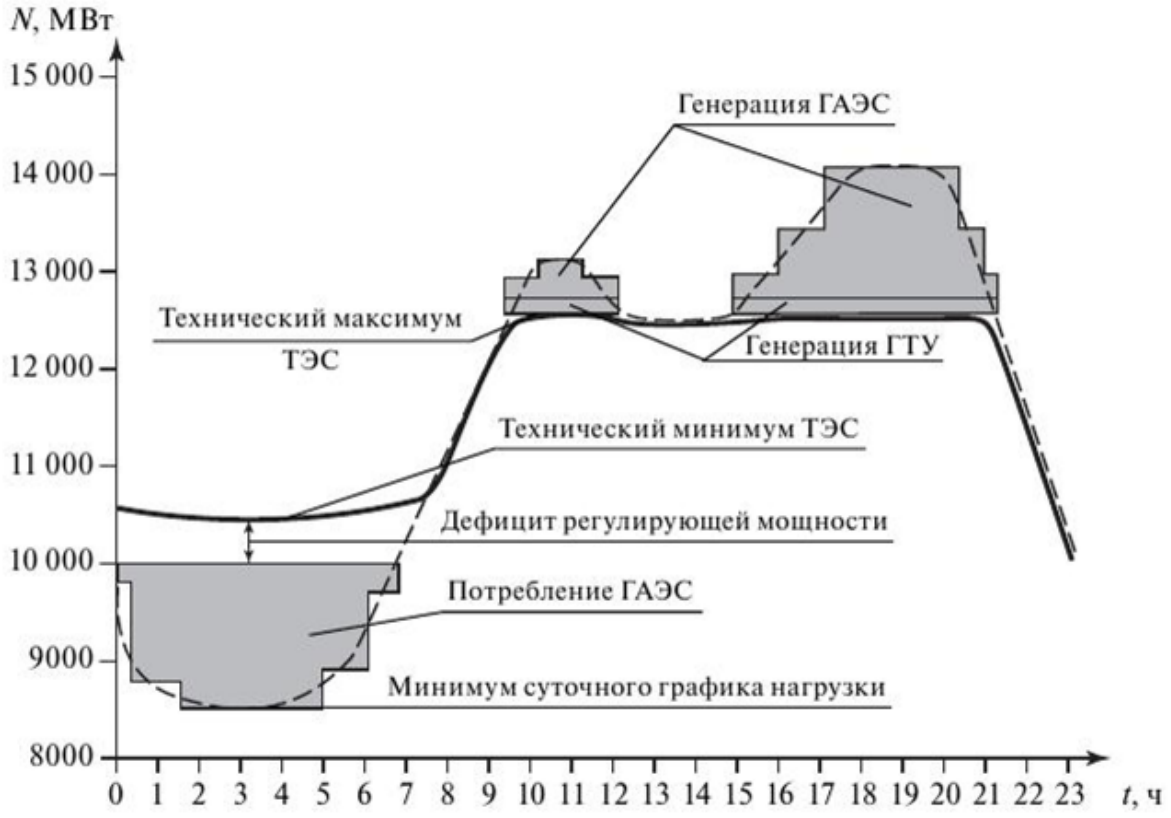


График включения гравитационной электростанции

Цилиндрический груз весом 500-5000 тонн размещается в специальной шахте с помощью системы тросов, каждый из которых соединен с лебедкой. Приводом лебедки служит обратимая электрическая машина, которая способна поглощать или вырабатывать электрическую энергию при подъеме или опускании груза. Груз удерживается в стволе шахты системой тросовых направляющих, которые предотвращают его от раскачивания и повреждению установки. Привод подъема и спуска груза

имеет высокоточное управление мощностью потребления и генерации энергии. Установке необходимо менее одной секунды, чтобы стать генератором электрической энергии [5]. Самая большая часть затрат – это бурение отверстия в земле для размещения оборудования. Годовая приведенная стоимость хранения энергии имеет самый низкий показатель по сравнению с другими видами аккумулирования энергии.

Основными преимуществами данной системы являются низкая удельная стоимость электроэнергии и высокая циклируемость, идеально подходит для регулирования частоты и других задач с множественными ежедневными циклами. Высокие эксплуатационные расходы в начальный период компенсируются длительным сроком эксплуатации, высокой доступностью мощности, отсутствие ухудшения эксплуатационных характеристик.

Источники

1. Денисова А.Р., Гайфуллин А.Р. Модернизация системы электроснабжения на предприятии нефтедобывающей отрасли с использованием альтернативных источников энергии // Фёдоровские чтения - 2018 : XLVIII Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы, Москва, 14–16 ноября 2018 года / под общ. ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной.. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2018. С. 396-397.

2. Иванова В.Р., Денисова А.Р., Семенов Д.Г. Разработка алгоритма эффективного управления основными элементами электротехнической системы биогазового оборудования // Промышленная энергетика. 2020. № 8. С. 17-25. DOI 10.34831/EP.2020.95.45.003.

3. Бухаров А.И., Емельянов И.А., Судаков В.П. Средства заряда аккумуляторов и аккумуляторных батарей: справочник. Москва: Энергоатомиздат, 1988, С 288.

4. Гулиа Н.В. Удивительная механика: НЦ ЭНАС. ISBN5-9. Москва: 2006, С 48.

5. Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумулирование энергии: Учебно-справочное руководство. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект». 2011. С 296.

УДК 621.31

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Яппаров Рустам Ринатович[1], Роженцова Наталья Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]yapparovrr@yandex.ru, [2]natalia15969@yandex.ru

Аннотация: В работе описаны основные методы и модели прогнозирования отрасли электроэнергетики: индексный метод, экспоненциальный метод сглаживания, нейронные сети, имитационные модели.
Ключевые слова: прогнозирование, методы, модели, электроэнергетика.

MODERN DIGITAL ELECTRICITY METERING DEVICES

Yapparov Rustam Rinatovich[1], Rozhentsova Natalia Vladimirovna[2]
[1.2] SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]yapparovrr@yandex.ru, [2]natalia15969@yandex.ru

Abstract: *The paper describes the main methods and models of forecasting the electric power industry: index method, exponential smoothing method, neural networks, simulation models.*
Keywords: *forecasting, methods, models, electric power industry.*

Прогнозирование отраслевого энергетического рынка предполагает, как минимум три показателя: объем производства, спрос (продажи) и цены на энергоресурсы [1]. В прогнозировании эти показатели несопоставимы. Если первые два указателя следуют довольно однообразным трендам изменения, поскольку их вполне можно предсказать, тогда как стоимость подвержена высокой скорости изменчивости и ее трудно предсказать в долгосрочной перспективе [1].

С помощью методов экстраполяции формируется определенная группа методов прогнозирования. В этой группе моделей можно выделить несколько подходов в силу их специфики. Ниже рассмотрим их подробнее.

Индексный метод. В простейшем случае прогноз емкости рынка электроэнергетической отрасли Q рассчитывается по формуле:

$$Q(t) = \sum_{i=1}^{n} Q_i(0) I_i^t, \qquad (1)$$

где Q(t) – емкость электроэнергетической отрасли в t-ом прогнозном году; $Q_i(0)$ – емкость i-ого электроэнергетической отрасли в базовом отчетном году; I_i – средний индекс роста емкости i-ого

электроэнергетической отрасли за некий отчетный период времени; n – число рынков электроэнергетики [2].

Этот подход (1) принимает определение долгосрочного тренда фондового рынка и не принимает во внимание краткосрочные колебания рынка [2].

Экспоненциальный метод сглаживания. В этом случае существует негласная адаптивная система, в которой ценность прогноза зависит от предыдущей оценки и реального положения дел [3]. Метод вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{прог}(t+1) = \lambda Q_{факт}(t) + (1-\lambda) Q_{прог}(t), \quad (2)$$

где $Q_{прог}(t+1)$ – прогнозное (формируемое) значение электроэнергетической отрасли в t+1-ом году; $Q_{прог}(t)$ – прогнозное (существующее) значение электроэнергетической отрасли в t-ом прогнозном году; $Q_{факт}(t)$ – фактическое значение электроэнергетической отрасли в t-ом прогнозном году; λ – весовой коэффициент, учитывающий влияние фактических и прогнозных величин на текущую прогнозную величину [3].

Модель (2) довольно тривиальна и предназначена для решения простейших задач прогнозирования, например, для формирования ориентировочных предсказаний. Для более совершенного прогнозирования ситуации рекомендуется выполнить так называемую декомпозицию временного ряда, выделив три его составляющие – тренд, циклическую и случайную составляющие. Для этого используется метод Холта, учитывающий тенденцию исследуемого процесса, метод Брауна (частный случай метода Холта) и метод Винтерса, также «улавливающий» сезонный показатель [4]. Тем не менее сглаживающие методы довольно примитивны и имеют ограниченную область применения.

Главный недостаток системы методов экстраполяции - отсутствие в них обратных связей [1]. Чтобы устранить эту проблему, разрабатываются сложные модели, учитывающие взаимосвязи между несколькими переменными. С определенной долей условности эти методы можно разделить на две группы.

Нейронные сети. Задача нейронной сети состоит в преобразовании известного входного вектора в известный вектор ответа с помощью преобразователя данных y = f (x), то есть преобразование весов данных в нейронной сети. Следовательно, чтобы обучить нейронную сеть, это означает, что необходимо выбрать значения ее весов, так чтобы она работала в правильно [4]. Потому как существует множество базовых алгоритмов для решения проблемы прогнозирования, то идея

моделирования энергетического рынка, основанная на нейронных сетях, имеет смысл.

Основной недостаток нейронной сети - несогласованность весовых коэффициентов для нескольких систем [4]. Поэтому прогнозировать поведение системы на основе «старых» весовых коэффициентов можно только с большой осторожностью.

Имитационные модели. Построение имитационных моделей представляют собой системой взаимосвязей между ключевыми переменными. Например, энергетическая отрасль имеет ряд особенностей, связанных с предприятиями в (конкурентной) рыночной среде. Согласно концепции М. Портера, интенсивность и состояние окружающей среды, например, электрическая энергия, определяются комбинацией пяти сил: производитель; поставщик; потребитель; конкуренты; товары-заменители [3].

Модель «Пяти сил» Портера позволяет дополнительно изучить возможные последствия изменения базового баланса параметров. Аналогичная модель и методика прогнозирования эффективности оценок на ее основе были выполнены для российского рынка электротехнических сталей [3]. Однако такая система еще не использовалась для глобальных отрасли, как кажется, из-за сложности системы для всех агентов из схемы Портера.

Источники

1. Капанский А.А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергетической эффективности // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 2 (42). С. 103-115.

2. Герасимов Д.О., Суслов К.В. Системы имитационного моделирования мультиэнергетических объектов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12. № 4 (48). С. 11-19.

3. Алиев Н.Д. Актуальность прогнозирования потребления электроэнергии // Молодежная наука как фактор и ресурс опережающего развития. 2021. С. 14-18.

4. Жук В.Л. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования в электроэнергетике // Энергетическая безопасность. 2020. С. 155-157.

Секция 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.311

ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЗА И «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ» СЕТИ

Аюпов Рашид Шамильевич
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
valentaine1234@gmail.com

Аннотация: В статье рассмотрены основные проблемы взаимодействия релейной защиты и «интеллектуальной» сети, а также каким образом должны функционировать современные микропроцессорные устройства релейной защиты.

Ключевые слова: релейная защиты, «интеллектуальная» сеть, микропроцессорные устройства релейной защиты, энергосистема.

PROBLEMS OF INTERACTION OF RELAY PROTECTION AND SMART GRID.

Ayupov Rashid Shamilevich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
valentaine1234@gmail.com

Abstract: *The article discusses the main problems of interaction between relay protection and smart grid, as well as how modern microprocessor-based relay protection devices should function.*

Keywords: *relay protection, smart grid, microprocessor relay protection devices, power system.*

Релейная защита (РЗА) должна ежесекундно контролировать состояние всех элементов электроэнергетической системы. При возникновении повреждений и нарушение режима работы мгновенно выявить и отключать поврежденный элемент, а также, в ряде случаев, смежные с ним элементы.

«Интеллектуальная» сеть ставит новые условия для работы устройств релейной защиты, что фактические разрушает всю концепцию нынешних РЗА.

Усложнение режимов работы сети, увеличение количества элементов сети, все эти факторы делают практически невозможным расчет уставок для релейной защиты.

Так нормальный режим «интеллектуальной» сети может иметь характеристики свойственные аварийному режиму.

Факторы, которые способствуют этому:

– случайный объем потребления/выдачи мощности нагрузкой / источником;

случайная конфигурация электрической сети (случайное положение коммутационных аппаратов);

– случайные параметры короткого замыкания (время, место, вид, переходное сопротивление);

– погрешности РЗ и отказы срабатывания [1, С.67].

Увеличение количества элементов сети также оказывает негативное влияние на работу РЗА. В случае сбоя сложной сети выявить причину сбоя и поврежденный элемент будет достаточно сложно.

Все эти проблемы можно решить повсеместным внедрением микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ). «Интеллектуальная» сеть должна совместить в МУРЗ функции информационно-измерительной системы, ведение мониторинга, диагностики состояния электрооборудования и функции учета и контроля потребления. Очевидно, что МУРЗ должна анализировать все эти данные в совокупности. Это позволяет решить некоторые из проблем:

– при изменении рабочего режима сети рабочие параметры интеллектуальной защитной системы на основании всех данных могут быть отрегулированы автоматически для обеспечения достаточного уровня защиты;

– при возникновении аварии «интеллектуальная» система на основании полученных данных должна изолировать поврежденный участок и обеспечить альтернативные пути для питания энергосистемы.

Такое совмещение, с одной стороны, повышает надежность питания потребителей, с другой, грозит снижением надежности релейной защиты в целом, так как повышается концентрация технологий в одном устройстве.

Источники

1. Шарыгин М.В., Вуколов В.Ю., Петров А.А. Разработка алгоритма автоматической адаптации параметров срабатывания многомерной интеллектуальной релейной защиты к конфигурации распределительных электрических сетей // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11 (114). С. 65–78

2. Smart Grid в промышленных системах [Электронный ресурс]. https://library.e.abb.com/public/02b30efec44be405c1257b4a004b06e5/Industrial%20Smart%20Grid_RU.pdf (дата обращения: 12.10.2021).

3. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. https://www.energyret.ru/jour (дата обращения: 14.10.2021).

4. «Вестник КГЭУ» [Электронный ресурс]. https://vkgeu.ru/ (дата обращения: 12.10.2021).

5. Концепция ПАО «Россети» «Цифровая трансформация 2030». [Электронный..ресурс]https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения: 20.10.2021).

УДК 621.21:338.45

ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Галимова Гулия Флюновна[1],Воркунов Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]guliya.galimova2014@yandex.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru,

Аннотация: В статье рассмотрен проект «Умные сети», который в ближайшие годы позволит передавать электрическую энергию с минимальными техническими потерями, и в случае аварии в энергетической системе «умные сети» оперативно и в короткий срок устранят аварийную ситуацию.

Ключевые слова: *Smart grid*, интеллетуальные сети, умный счетчик, автоматизация процессов, надежность, эффективность.

INTRODUCTION OF INTELLIGENT ELECTRICAL NETWORKS

Galimova Guliya Flyunovna[1],Vorkunov Oleg Vladimirovich[2]
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]guliya.galimova2014@yandex.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru,

Abstract: *The article discusses the project "Smart Grids", which in the near future will allow the transmission of electrical energy with minimal technical losses, and in the event of an accident in the energy system, "smart grids" will promptly and in a short time eliminate the emergency situation.*

Keywords: *Smart grid, intelligent networks, smart meter, process automation, reliability, efficiency.*

В настоящее время, инновационное развитие электроэнергетики направлено на создание интеллектуальной электроэнергетической системы, которая должна обладать такими свойствами как гибкость, обозреваемость, надежность, самодиагностика и т.д. [1 – 2].

Цифровизация экономики – одна из приоритетных задач, поставленных в программных документах, определяющих долгосрочную стратегию развития России. Одним из ключевых компонентов цифровой экономики являются интеллектуальные электрические сети (*Smart Grid*). В ближайшие годы система «*Smart grid*» позволит передавать электрическую энергию с минимальными техническими потерями. Как показали осуществляемые проекты, «умный» учет дает преимущества как для потребителя, так и для энергетических компаний. Компании получают более достоверную, оперативную информацию и оптимизируют свои

издержки, а потребитель оплачивает только им потребленные энергоресурсы [3].

В современной модели развития электроэнергетических систем потребители потребитель стремится к развитию собственных генерирующих мощностей, в том числе на основе возобновляемых источников электроэнергии. Следовательно, формируется потребитель нового типа, который одновременно может являться и потребителем, и производителем электроэнергии при реализации соответствующей модели рынка. Излишки, выработанные на генерации потребителей, используются для создания индивидуальных резервов посредством накопителей электроэнергии или продаются другим потребителям. Это связано с таким направлением как децентрализация производства электроэнергии и развитием системы распределенной генерации.

Эффективность распределенной энергетики может быть сопоставима с реализацией потенциала крупных электростанций, кроме того, благодаря близкому расположению к потребителю у нее ниже сетевые потери при распределении энергии. Подобная система отвечает требованиям потребителей относительно доступности и качества электроэнергии, обеспечивает более высокую надежность потребления. Распределенная сеть источников электроснабжения способствует повышению энергетической безопасности, так как позволяет снизить риски полной изоляции и нарушения энергоснабжения объектов, особенно в труднодоступных регионах страны.

Таким образом, переход к современным интеллектуальным сетям позволяет прогнозировать потребление электроэнергии. Это увеличивает надежность и эффективность, а также сильно влияет на экономический эффект. Кроме того, современные первичные преобразователи позволяют учитывать 12 тарифных сезонов (по количеству месяцев) и разницу в потреблении между дневными и ночными часами. За счет этого экономия носит круглосуточный характер. Система докладывает в центральный штаб об уровне потребленного электричества и перерасходе энергии. Основываясь на их показаниях система сама регулирует лимит предоставляемой энергии и тарифные ставки [5, С. 633–639].

На сегодняшний день внедрение проекта «умные сети» облегчит работу энергосетевых компаний, повысит эффективность работы сети электроснабжения, приведет к снижению себестоимости электроэнергии, уменьшит возникновение аварийных ситуаций при участии «человеческого фактора». Реализация данного проекта означает, что в

ближайшее время в энергетике будет происходить более глубокая автоматизация процессов контроля, управления и диагностики систем.

Источники

1. Савина Н.В., Бодруг Н.С. Проблемы нормирования качества электроэнергии при переходе на интеллектуальные электроэнергетические системы. Благовещенск, 2016. С.19-26.

2. Вильданов Р.Г., Буланкин Е.И. Перспективы внедрения интеллектуальной электрической сети в России. Уфа, 2016. С.160-163.

3. «*Smart Grid* в России: практика и перспективы». https://borlas.ru/about/press/press/2659 [Электронный ресурс].

4. «Внедрение «умных» счетчиков направлено на эффективную реконструкцию электросетевого комплекса». https://gridcom-rt.ru/press-tsentr/novosti/vnedrenie-umnykh-schetchikov-napravleno-na-effektivnuyu-rekonstruktsiyu-elektrosetevogo-kompleksa/? sphrase_id=24705 [Электронный ресурс].

5. Валеев И.М., Макаров В.Г. Концепция управления цифровыми подстанциями будущего. Казань, 2019. С. 304–319.

УДК 662.769 «31»

ВНЕДРЕНИЕ ВОДОРОДНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ

Гельдыева Разиля Азатовна[1], Сидоров Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
Казань, Россия
[1]razilyaurum25@gmail.com, [2]asidorini@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается внедрение новых технологий, работа которых будет основываться на водородной энергии.

Ключевые слова: водород, энергия, КПД, аккумулятор, принцип работы, эффективность.

INTRODUCTION OF NEW HYDROGEN ACCUMULATORS INTO EVERYDAY LIFE

Geldyeva Razilya Azatovna[1], Sidorov Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]razilyaurum25@gmail.com, [2]asidorini@gmail.com

Abstract: *This article discusses the introduction of new technologies, the work of which will be based on hydrogen energy.*

Key words: *hydrogen, energy, efficiency, battery, operating principle, efficiency.*

Наш мир не стоит на месте, в настоящее время развивается огромное количество отраслей промышленности, готовятся новые специалисты, профессиональные компетенции которых помогут еще больше улучшить мир. К сожалению, такой большой поток новых технологий требует большего количества ресурсов, которые включают в себя: топливо, электроэнергию, финансы, материалы и т.д. Поэтому сейчас очень важно исследовать и развивать возобновляемые источники энергии, с этим напрямую связана водородная энергетика.

Водород является идеальным источником энергии и экологически приемлемым топливом. Теплота его сгорания (1,17 ГДж/кг) почти в три раза выше, чем у нефти, и в четыре раза больше, чем у угля или природного газа. Но мы не должны забывать, что водород – это не новый источник энергии, а переработка основных источников [1]. Другими словами, водородная энергетика - это способ эффективного использования доступных источников энергии, а также хороший способ повышения эффективности [2].

Эксперты Совета по водородным технологиям (*Hydrogencouncil*) в своем недавнем докладе заявили, что к 2050 году на водород будет приходиться 18 % всех энергетических потребностей в мире. В России задача развития водородной энергетики закреплена в ключевом документе стратегического планирования отрасли – обновленной Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [2].

Из вышесказанного можно понять, что развитие водородной энергетики сейчас в тренде, поэтому в ближайшее время ожидается замена различных технологий, работа которых будет основана на разложении воды на водород и кислород. Одной из разработок в настоящее время являются компьютерные аккумуляторы, портативные зарядные устройства и т.д. Как пишут разработчики, для небольшой портативной зарядки понадобится чехол со сменными капсулами, одной капсулы должно хватить на несколько подзарядок телефона, такая зарядка не будет бояться погодных условий, будет иметь простую конструкцию, низкую вероятность утечки водорода из-за низкого давления, компактна [4].

Принцип работы аккумуляторов основан на обратимой реакции гидрирования различных металлов, интерметаллических соединений, сплавов и композиционных материалов [5]. Металлогидридные батареи являются основным компонентом систем резервного электропитания и хранения энергии, где они подключены к электролизному генератору водорода и топливному элементу. В таких системах водород получают электролизом воды с избытком электроэнергии, преобразуемой с помощью топливного элемента в электрическую энергию. В этой системе аккумулятор будет заряжаться от электролизера, а выделяющийся водород будет немедленно использоваться для питания топливных элементов [4]. В будущем эту технологию можно будет использовать в электроэнергетике, телекоммуникациях, промышленной электроэнергетике.

Таким образом, исходя из вышеприведенных слов, можно сделать вывод, что водород уже является востребованным продуктом, он активно внедряется в нашу повседневную жизнь и очень скоро, благодаря различным исследованиям, мы сможем увидеть более эффективное оборудование в домашних условиях.

Источники

1. Козлов С.И., Фатеев В.Н. // Транспорт на альтернативном топливе. 2016. № 3 (51). С. 41.

2. Некрасов А. Водородные перспективы. https://plus.rbc.ru/news/5dfc2e607a8aa9fb3e34dbf3

3. Плетенов М.А., Копысов А.Н Социально экономические проблемы развития водородной энергетики. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С.36-45

4. Стихин А.С. ФГУП УЭХК, презентация Возможности и применение нанотехнологий в разработке и организации производства

5. Тарнижевский Б.В. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в России // Горный журнал. 2004. Спец.выпуск. С.22-25. Описаны возобновляемые источники энергии (ветер, энергия водных потоков, древесное и другое растительное топливо) и перспективы их применения в энергетике России НО.

6. Таймаров М.А., Ахметова Р.В., Сунгатуллин Р.Г., Чикляев Е.Г. Сжигание метано-водородной фракции и мазута вкотлах ТГМ-84А. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016 № 4 (32). С. 83-94.

УДК 61.3.011.612:621.311

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ – КАК ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В РАСЧЕТАХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Грачева Елена Ивановна [1], Горлов Алексей Николаевич [2],
Шакурова Зумейра Мунировна [3], Табачникова Татьяна Владимировна [4]
[1,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия
[4]ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт,
г. Альметьевск, Россия
[1]grachieva.i@bk.ru, [2]kafedra.es@yandex.ru, [3]shzumeyra@mail.ru, [4]tvtab@mail.ru

Аннотация: Проанализированы данные вычислений значений эквивалентного сопротивления схем с оценкой фактора нагрева проводников и фактора сопротивлений контактных аппаратов. Выявлены доли влияния сопротивлений контактной аппаратуры и линий с учетом числа приемников электроэнергии, присоединенных к силовому пункту, на значение эквивалентных сопротивлений схемы.

Ключевые слова: электрические аппараты, кабельные линии и провода, нагревание, погрешность.

Благодарности: Публикация выполнена при финансовой поддержке государственного задания Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, проект № 0851-2020-0032 «Исследование алгоритмов, моделей и методов повышения эффективности функционирования сложных технических систем».

EQUIVALENT RESISTANCE OF INDUSTRIAL ELECTRICAL NETWORKS - AS ONE OF THE MAIN CHARACTERISTICS IN THE CALCULATIONS OF ELECTRICITY LOSSES

Gracheva Elena Ivanovna[1], Gorlov Alexey Nikolaevich[2],
Shakurova Zumeira Munirovna[3], Tabachnikova Tatyana Vladimirovna[4]
[1,3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-West State University», Kursk, Russia
[4]GBOU VO «Almetyevsk State Oil Institute», Almetyevsk, Russia
[1]grachieva.i@bk.ru, [2]kafedra.es@yandex.ru, [3]shzumeyra@mail.ru, [4]tvtab@mail.ru

Abstract: *The data of calculations of the equivalent resistance values of circuits with an assessment of the heating factor of conductors and the resistance factor of contact devices*

are analyzed. The proportions of the influence of the resistances of contact equipment and lines, taking into account the number of electric power receivers connected to the power point, on the value of equivalent circuit resistances are revealed.

Keywords: *electrical appliances, cable lines and wires, heating, error.*

Acknowledgements: *The publication was carried out with the financial support of the state task of the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation, project No. 0851-2020-0032 "Research of algorithms, models and methods for improving the efficiency of complex technical systems".*

Как известно, эквивалентное сопротивление внутризаводских электрических сетей – это определяющая характеристика оценки уровня потерь электроэнергии (ЭЭ).

Проведенные исследования показали, что значение эквивалентного сопротивления линии схемы включает в себя 2 параметра: сопротивление линии и сопротивление контактных аппаратов:

$$R_{\text{общ.лин.}}(t) = R_{20} \cdot L\left[1+\alpha(\Theta_{пр} - 20^0)\right] + \sum_{i=1}^{k} R_{ika}, \quad (1)$$

R_{20} – значение сопротивления одного метра провода или кабеля при температуре 20^0 С, Ом/м;

A – коэффициент увеличения сопротивления проводников, равный $0{,}00386/^0C^{-1}$.

Значение температуры жилы проводника:

$$\Theta_{пров} = k_{зг}^2 \cdot (T_{доп} - \Theta_{окр}) + \Theta_{окр} \quad (2)$$

где.$k^2_{зг}$ – квадрат значения среднеквадратического коэффициента загрузки;

$T_{доп}$ – значение допустимой температуры нагрева провода или кабельной линии;

$\Theta_{окр}$ – значение температуры помещения цеха.

В таблице 1 показаны результаты вычислений значений эквивалентного сопротивления схемы по выражению (1) и погрешностей расчетов, обусловленных неучетом нагревания токопроводящих жил кабелей и сопротивлений контактной аппаратуры, при различном числе присоединенных к силовому пункту электропотребителей.

Значение эквивалентного сопротивления схемы, если не учитывать величину сопротивлений контактной аппаратуры, вычисляется как [1]

$$R_{эквив} = \frac{\dfrac{\sum_{i=1}^{n} R_{i,20} \cdot L_i}{n}\left[1+\alpha(\Theta_{i,пров} - 20^0)\right]}{n} \quad (3)$$

где n– число электроприемников.

Результаты вычислений значения эквивалентного сопротивления схемы при различном числе присоединенных электропотребителей

Таблица 1

Число электропотребителей	При учете нагревания кабелей (проводов) и сопротивлений контактной аппаратуры	Без учета нагревания кабелей (проводов) и сопротивлений контактной аппаратуры	Величина погрешности вычислений $R_{эквив}$, %
	$R_{эквив}$		
16	19,85	11,01	-45
14	22,38	12,52	-44
12	24,38	13,78	-43
10	27,88	15,36	-45
8	33,26	18,37	-45
6	51,17	28,47	-44

Проведенные исследования доказали целесообразность учета сопротивлений контактной аппаратуры для схем радиальной топологии со следующей вариацией диапазонов технических характеристик:

– число кабелей (к приемникам электроэнергии) – от четырех до двенадцати;

– длина кабелей - от пяти до двухсот метров;

– сечение кабелей - от 2,5 мм^2 до 240 мм^2;

– число контактной аппаратуры, установленной на кабельной линии:

1) один автомат;

2) один автомат + один пускатель электромагнитный;

3) два автомата + один пускатель электромагнитный.

Результаты выявленных зон целесообразности учета сопротивлений контактной аппаратуры приведены на рисунках 1-3, где АВ – автоматический выключатель, МП – пускатель электромагнитный.

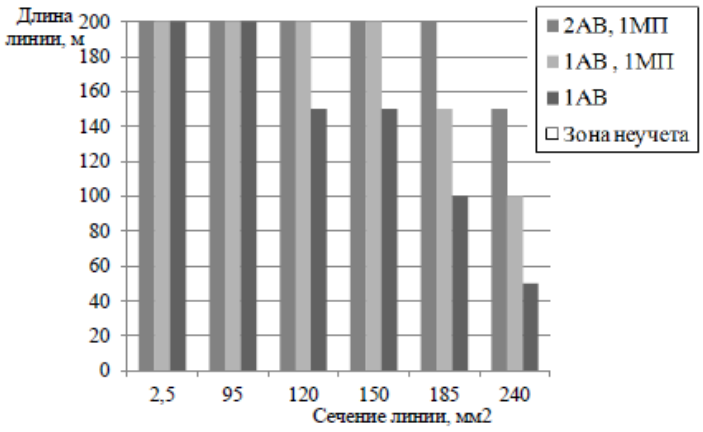


Рис.1. Зона учета сопротивлений контактной аппаратуры при определении эквивалентного сопротивления схемы с 4 кабелями

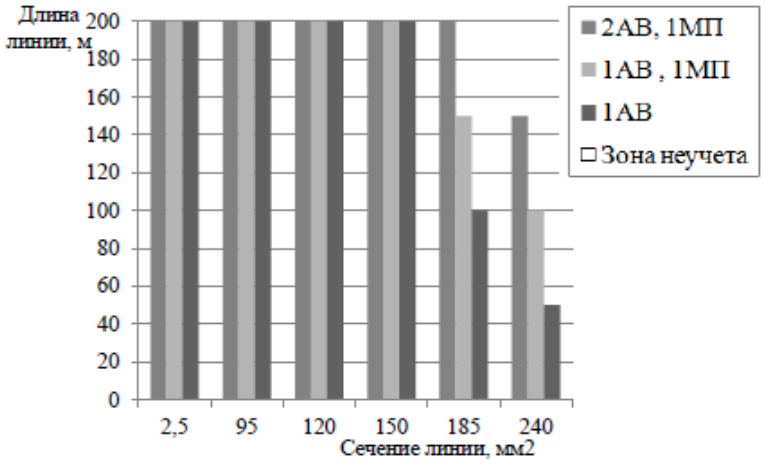


Рис. 2. Зона учета сопротивлений контактной аппаратуры при определении эквивалентного сопротивления схемы с 8 кабелями

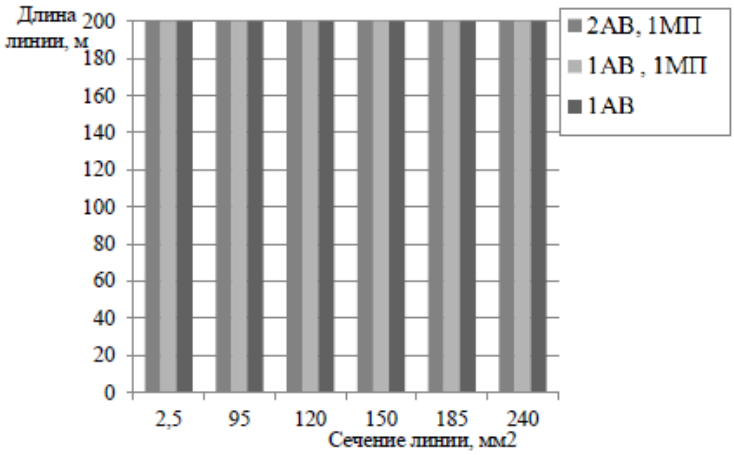


Рис. 3. Зона учета сопротивлений контактной аппаратуры при определении эквивалентного сопротивления схемы с 12 кабелями

В результате вычисления значений эквивалентных сопротивлений по (3) установлено, что для вариантов оборудования схем, не попадающих в зону целесообразности учета сопротивления контактов, расчет приведет к разнице менее 5% по отношению к результату, включающему данный параметр. Приведенные номограммы упрощают представленный алгоритм расчета значений эквивалентных сопротивлений.

В работе исследованы вопросы повышения точности оценки значений эквивалентных сопротивлений внутризаводских электрических сетей. Разработан алгоритм метода расчета значений эквивалентных сопротивлений с вычислением эталонной величины. Установлено, что отсутствие учета нагревания проводников (кабелей или проводов) и

величины сопротивлений контактной аппаратуры, приводит к погрешности расчетов порядка 45 %.

Выявлены закономерности целесообразности учета сопротивлений контактной аппаратуры с выделением зон технических характеристик электрооборудования и построены номограммы при вариации числа и длин кабелей (проводов), их сечений и числа контактной аппаратуры.

Представленные номограммы упрощают вычислительные алгоритмы расчетов.

Повышение достоверности расчетов эквивалентных сопротивлений позволяет уточнять значение уровня потерь ЭЭ во внутризаводских электрических сетях, а, следовательно, эффективно управлять режимами эксплуатации оборудования и изменять топологию схем, что обеспечивает получение рациональных решений в их структурах. Динамика изменения значений эквивалентных сопротивлений низковольтных сетей при сохранении режимных параметров позволяет качественно планировать мероприятия по энергосбережению и улучшать эксплуатационные характеристики систем электроснабжения.

Источники

1. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения // Проблемы энергетики. 2020. № 2. с.65-74.

2. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Оценка потерь электроэнергии во внутризаводских электрических сетях // Вестник ПИТТУ им. академика М. Осими. 2019. № 4 (13). С. 38-50

3. Lei, C., Tian, W., Zhang, Y., Fu, R. et al. 2017. Probability-based circuit breaker modeling for power system fault analysis. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Tampa, FL, USA, pp. 979–984. DOI: https://doi.org/10.1109/apec.2017.7930815.

4. Тошходжаева, М.И. Повышение надежности системы электроснабжения как фактор устойчивого обеспечения народного хозяйства электроэнергией (на примере г. Худжанда РТ) / М.И. Тошходжаева // Вестник ТГУПБП. Серия общественных наук. 2015. № 3(3). С. 71–77.

5. Сафин А.Р., Хуснутдинов Р.Р., Копылов А.М., Максимов В.В., Цветков А.Н., Гибадуллин Р.Р., Петров Т.И. Разработка метода топологической оптимизации электрических машин на основе генетического алгоритма // Вестник КГЭУ, № 4(40), 2019 г., с. 77-85.

УДК 61.3.011.612:621.311

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Грачева Елена Ивановна [1], Горлов Алексей Николаевич [2],
Шакурова Зумейра Мунировна [3], Табачникова Татьяна Владимировна [4]
[1,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия
[4]ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт,
г. Альметьевск, Россия
[1]grachieva.i@bk.ru, [2]kafedra.es@yandex.ru, [3]shzumeyra@mail.ru, [4]tvtab@mail.ru

Аннотация: В работе разработаны алгоритмы оценки значений эквивалентных сопротивлений схем электроснабжения промышленных предприятий. Представлены номограммы, учитывающие число и длину линий схемы с выделением зоны учета сопротивлений контактной аппаратуры в эквивалентных сопротивлениях схем. Полученные алгоритмы и результаты рекомендуется использовать для уточнения величины потерь мощности и электрической энергии в низковольтных сетях, что позволит повысить достоверность расчетов.

Ключевые слова: электрические аппараты, кабельные линии и провода, нагревание, погрешность.

Благодарности: Публикация выполнена при финансовой поддержке государственного задания Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, проект № 0851-2020-0032 «Исследование алгоритмов, моделей и методов повышения эффективности функционирования сложных технических систем».

IMPROVING THE ACCURACY OF CALCULATING EQUIVALENT RESISTANCES OF POWER SUPPLY SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Gracheva Elena Ivanovna[1], Gorlov Alexey Nikolaevich[2],
Shakurova Zumeira Munirovna[3], Tabachnikova Tatyana Vladimirovna[4]
[1,3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-West State University», Kursk, Russia
[4]GBOU VO «Almetyevsk State Oil Institute», Almetyevsk, Russia
[1]grachieva.i@bk.ru, [2]kafedra.es@yandex.ru, [3]shzumeyra@mail.ru, [4]tvtab@mail.ru

Abstract: *The paper develops algorithms for estimating the values of equivalent resistances of power supply circuits of industrial enterprises. Nomograms are presented that take into account the number and length of the circuit lines with the allocation of the contact equipment resistance accounting zone in equivalent circuit resistances. The obtained algorithms and results are recommended to be used to clarify the magnitude of power and electrical energy losses in low-voltage networks, which will increase the reliability of calculations.*

Keywords: *electrical appliances, cable lines and wires, heating, error.*

Acknowledgements: *The publication was carried out with the financial support of the state task of the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation, project No. 0851-2020-0032 "Research of algorithms, models and methods for improving the efficiency of complex technical systems".*

В настоящее время возникает задача эффективного внедрения мероприятий по энергосбережению в связи с наблюдающимся ростом стоимости электроэнергии (ЭЭ) и электрооборудования. Рациональная топология схем внутризаводских сетей обеспечивает их качественную эксплуатацию. При этом точность информации о схемных и режимных параметрах оборудования позволяет разрабатывать вычислительные алгоритмы для определения основных технических характеристик систем электроснабжения.

Уровень потерь ЭЭ показывает, насколько энергоэффективной является система электроснабжения. Достоверная оценка потерь ЭЭ требуется для корректного прогнозирования электропотребления промышленными предприятиями. Для повышения достоверности расчетов потерь необходимы методики с высокой степенью точности. Предлагаемые в настоящей работе алгоритмы вычисления эквивалентного сопротивления внутризаводских электрических сетей позволяют снизить погрешности расчетов вследствие учета наиболее значимых параметров электрооборудования.

Чтобы оценить степень влияния характеристик электрооборудования на значение эквивалентного сопротивления, рассмотрим силовую сеть участка сборочного цеха (рис. 1).

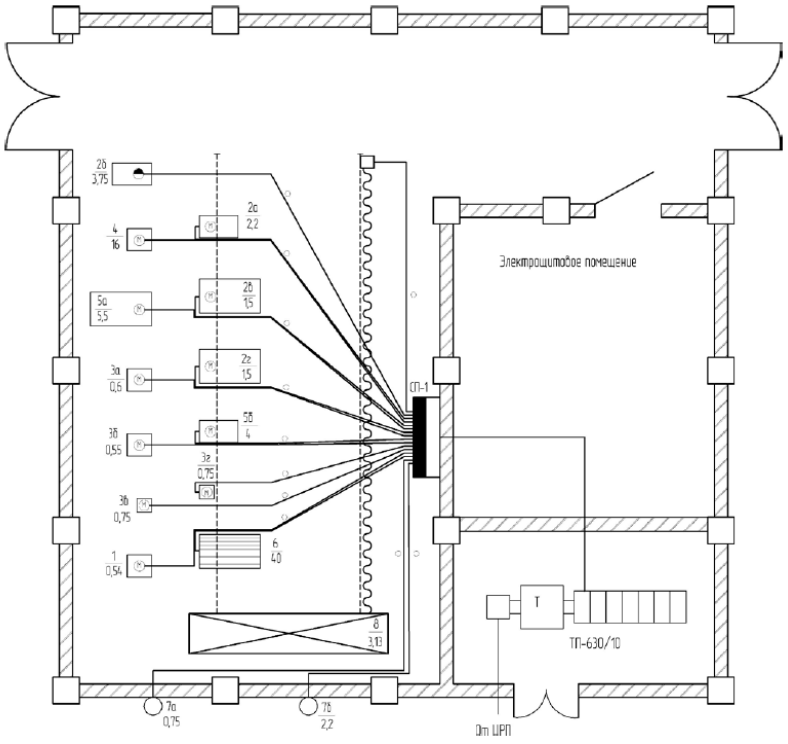


Рис. 1. Силовая сеть участка сборочного цеха

Значение эквивалентного сопротивления вычисляется как

$$R_{эквив} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_{i,20} \cdot L_i)\left[1+\alpha(\Theta_{t,\text{пров}} - 20^0)\right] + \frac{\sum_{i=1}^{m} r_{ika}}{n}}{n}, \quad (1)$$

где n– число электроприемников;

m – число аппаратов в рассматриваемой сети.

$$R_{этал} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta P_i}{3I_{сум}^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_{i,p}^2 \left\{R_{i,20} \cdot L_i\left[1+\alpha(\Theta_{i,пров} - 20^0)\right] + \sum_{i=1}^{N} R_{ika}\right\}}{I_{сум}^2}, \quad (2)$$

где $I_{i,p}$- расчетный ток i-го участка схемы, А;

L_i- длина провода или кабельной линии i-го участка схемы, м;

$R_{i,20}$- значение сопротивления одного метра провода или кабеля при 20^0С i-го участка схемы, Ом/м;

$\Theta_{i,пров}$ – значение температуры проводника, ^{0}С;

R_{ika}- величина сопротивления низковольтной коммутационной аппаратуры для i-го участка схемы, Ом;

$I_{сум}$ - значение суммарного тока, А;

n– число электропотребителей;

N – число низковольтных аппаратов на линии.

На рисунке 2 показаны выявленные в значении эквивалентного сопротивления сети доли величины сопротивлений контактных аппаратов и кабелей в соответствии с числом электропотребителей исследуемого силового пункта.

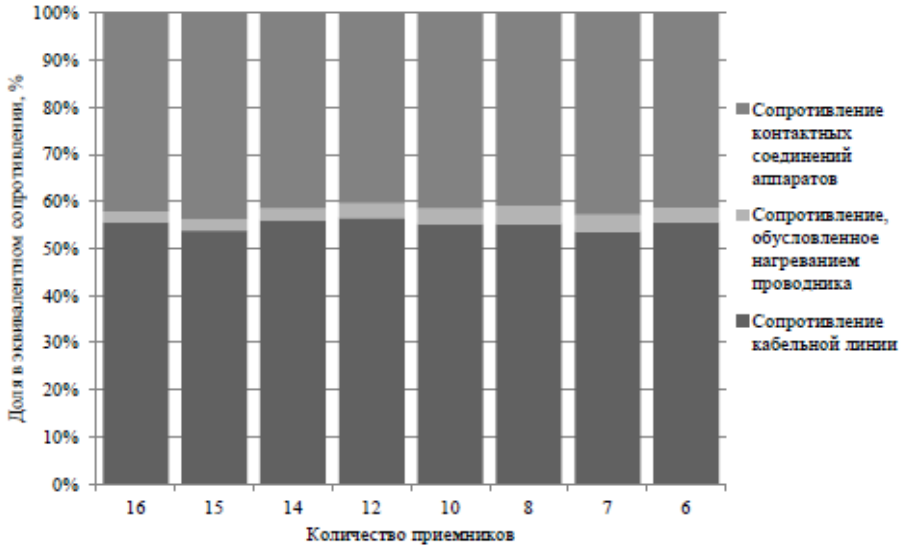


Рис. 2. Значения в процентах сопротивлений контактной аппаратуры и кабелей с учетом их нагревания в величине эквивалентного сопротивления схемы

На рисунке 3 показана динамика вариации эквивалентного сопротивления схемы (рис.1) при влиянии: нагревания кабелей, сопротивлений контактной аппаратуры, загрузки кабелей.

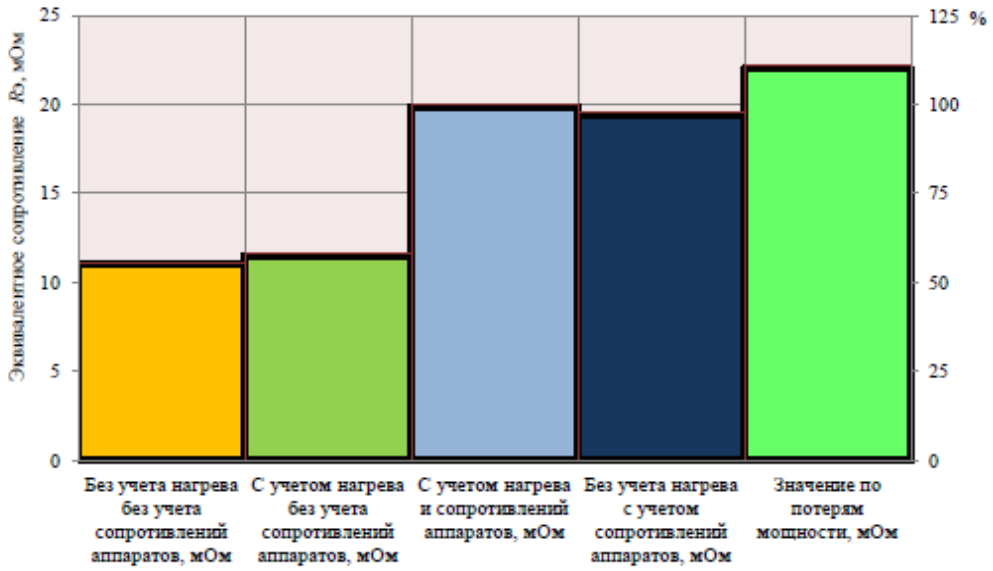


Рис. 3. Возможная вариация эквивалентного сопротивления схемы

Детальный анализ факторов, определяющих эквивалентное сопротивление схем, показал целесообразность учета нагревания токопроводящих жил кабелей и проводов, сопротивления контактной аппаратуры и среднеквадратичного коэффициента загрузки кабелей и проводов, что повышает достоверность оценки уровня потерь ЭЭ в системах электроснабжения промышленных предприятий.

Источники

1. Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения // Проблемы энергетики. 2021. № 1. с.93-104.

2. Грачева Е.И., Шакурова З.М., Абдуллазянов Р.Э. Сравнительный анализ наиболее распространенных детерминированных методов определения потерь электроэнергии в цеховых сетях // Проблемы энергетики. 2019. № 5. с.87-96.

3. Safin, A. R., Khusnutdinov, R. R., Kopylov, A. M. 2019. The method topological optimization for design linear electric machines.Proceedings of Intern. Science and Technology Conference EastConf, 1–2 March 2019, Vladivostok, pp. 134–139.

4. Feizifar, B., Usta, Ö. 2019. A new failure protection algorithm for circuit breakers using the power loss of switching arc incidents. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 27(3), pp. 1982–1997. DOI: https://doi.org/10.3906/elk-1805-84.

5. Тошходжаева, М.И. Расчет электрических сетей с распределенной генерацией методом двух узлов на примере потребителей промышленных предприятий / М.И. Тошходжаева // Вестник ПИТТУ им. академика М. Осими. 2019. № 3 (12). С. 38-44.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВЕЛИЧИНЫ АКТИВНОГО И РЕАКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ ИХ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Грачева Елена Ивановна [1], Наумов Олег Витальевич [2],
Горлов Алексей Николаевич[3,] Табачникова Татьяна Владимировна[4]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[3]ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия
[4]ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт»,
г. Альметьевск, Россия
[1]grachieva.i@bk.ru, [2]311670@list.ru, [3]alexjulia@yandex.ru, [4]tvtab@mail.ru

Аннотация: Распределительные электрические сети – динамически непрерывно развивающаяся система, которая призвана обеспечивать электроснабжение жизненно важных потребителей электроэнергии. В условиях постоянного износа оборудования, конструкций, их физического и морального старения, непрерывного роста нагрузок актуальны вопросы детального исследования трансформаторов, которые являются основными элементами жилищно-коммунального хозяйства.

В статье представлены модели, полезные при оценке потерь напряжения в масляных, сухих и заполненных негорючей жидкостью трансформаторах, упрощающие разработку алгоритмов определения, а также регулирования режимов напряжения в системах жилищно-коммунального сектора.

Ключевые слова: электрические сети, низкое напряжение, трансформатор, сопротивление, потери напряжения.

RESEARCH OF THE DEPENDENCES OF THE VALUE OF ACTIVE AND REACTIVE RESISTANCE OF TRANSFORMERS ON THEIR RATED POWER FOR EVALUATION OF VOLTAGE LOSSES

Gracheva Elena Ivanovna[1], Naumov Oleg Vitalievich[2],
Gorlov Alexey Nikolaevich[3], Tabachnikova Tatyana Vladimirovna[4]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[3]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-West State University», Kursk, Russia
[4]GBOU VO «Almetyevsk State Oil Institute», Almetyevsk, Russia
[1]grachieva.i@bk.ru, [2]311670@list.ru, [3]alexjulia@yandex.ru, [4]tvtab@mail.ru

Abstract: *Power distribution networks are a dynamically continuously developing system that is designed to provide electricity to vital consumers of electricity. In the*

conditions of constant wear and tear of equipment, structures, their physical and moral aging, continuous growth of loads, the questions of a detailed study of transformers, which are the main elements of housing and communal services, are relevant.

The article presents models that are useful in assessing voltage losses in oil, dry and non-combustible liquid-filled transformers, simplifying the development of algorithms for determining and regulating voltage modes in the systems of the housing and communal sector.

***Keyworlds**: electrical networks, low voltage, transformer, resistance, voltage losses.*

Современные системы электроснабжения объектов характеризуются значительной протяженностью и многоступенчатой трансформацией напряжения. В каждой ветви системы электроснабжения (линии, трансформаторы) имеются потери напряжения, которые зависят от параметров схемы замещения и от ее нагрузки. В режимах наибольших нагрузок потери напряжения относительно большие, в режимах малых нагрузок потери напряжения, соответственно, уменьшаются [1].

Как известно, потери напряжения в трансформаторах зависят от номинального напряжения, нагрузки и электрического сопротивления. Номинальное напряжение сети, как правило, выбирают на основании технико-экономических расчетов, учитывающих затраты на сооружение и эксплуатацию сети. Поэтому применение повышенных напряжений только из соображений уменьшения потерь напряжения в сети обычно не оправдывается. Таким образом, изменять значения потерь напряжения в сети практически возможно только путем изменения сопротивления сети или ее нагрузки. Нормально допустимое значение установившегося отклонения напряжения ΔU на выводах приемников электрической энергии должно быть равно ±5% от номинального напряжения $U_{ном}$ электрической сети.

Для оценки потерь напряжения и потерь мощности целесообразно исследование активного и реактивного сопротивления трансформаторов: $R_т$ и $X_т$. Наиболее распространены масляные, сухие и трансформаторы, заполненные негорючей жидкостью (трансформаторы типа ТМ, ТМЗ, ТСЗ, ТНЗ). По результатам исследований получены следующие зависимости: $R_т = f(S_{ном.т})$, $X_т = f(S_{ном.т})$, где $160 \le S_{ном.т}$, [кВА] ≤ 2500 [2].

Проиллюстрируем графически зависимости активного сопротивления $R_т$ от номинальной мощности $S_{ном.т}$ трансформаторов (рис. 1). Также построим графики зависимости реактивного сопротивления $X_т$ от номинальной мощности $S_{ном.т}$ трансформаторов (рис. 2).

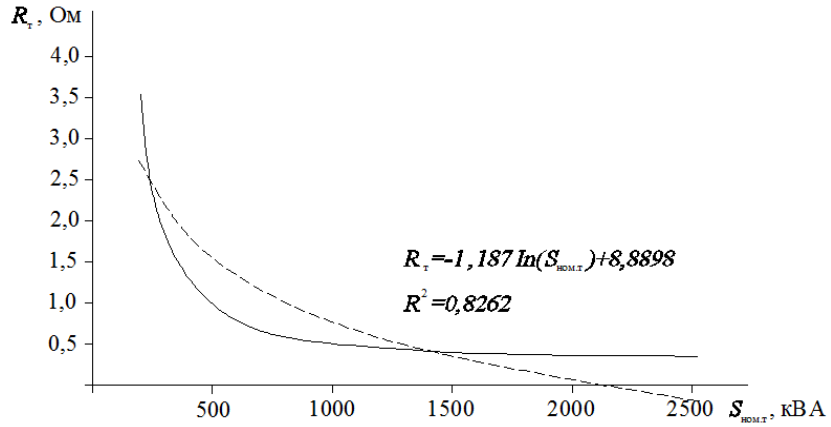


Рис. 1. Зависимость величины активного сопротивления $R_т$ от номинальной мощности $S_{ном.т}$ для трансформаторов типа ТМ

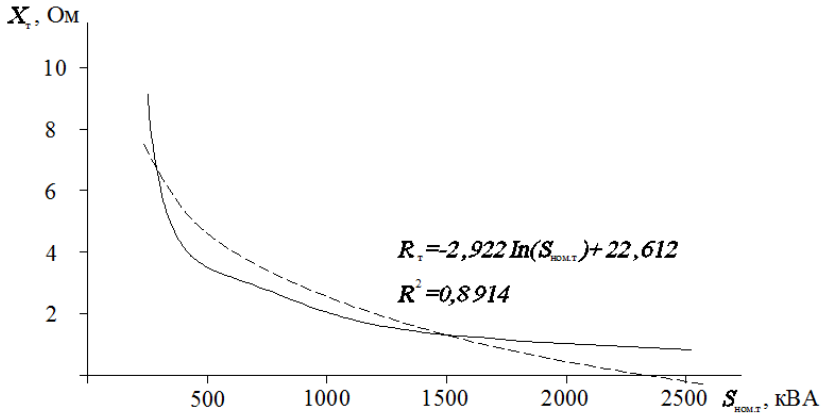


Рис. 2. Зависимость величины реактивного сопротивления $X_т$ от номинальной мощности $S_{ном.т}$ для трансформаторов типа ТМ

На рисунках 1 и 2 показаны графики изменения величин $R_т$ и $X_т$ от $S_{ном.т}$ и их аппроксимирующие функции $R_т$ = -1,187In($S_{ном.т}$) + 8,8898 и $X_т$=-2,922In($S_{ном.т}$) + 22,612 [3].

В таблице 1 представлены паспортные данные трансформаторов типа ТМ.

Таблица 1

Паспортные данные трансформаторов типа ТМ

$S_{ном.т}$, кВА	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом
160	3,73	9,41
250	2,13	6,12
400	1,24	3,86

630	0,69	3,07
1000	0,44	1,93
1600	0,25	1,21
2500	0,15	0,78

Логарифмическая линия тренда с успехом применяется при моделировании характеристик, значения которых в начале быстро меняются, а затем постепенно стабилизируются. При подборе линии тренда автоматически рассчитываются значения величины R^2, которая характеризует достоверность аппроксимации: чем ближе значение R^2 к единице, тем надежнее линия тренда аппроксимирует исследуемый процесс. Коэффициент достоверности аппроксимации R^2 показывает степень соответствия трендовой модели исходным данным [4].

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma_1}{\Sigma_2}, \quad (1)$$

где

$$\Sigma_1 = \Sigma_j (y_j - Y_j)^2 \quad (2)$$

и

$$\Sigma_2 = \Sigma_j Y_j^2 - \frac{1}{2}(\Sigma_j Y_j)^2 \quad (3)$$

Y_j – фактические значения сопротивления, y_j – значения, полученные по уравнению аппроксимации, n – количество значений, по которым производится вычисление. В нашем случае $R^2 = 0{,}8262$ для величины активного сопротивления $R_т$ и $R^2 = 0{,}8914$ для величины реактивного сопротивления $X_т$.

Графические зависимости (см. рисунок 1 и 2) показывают, что модели с логарифмическим трендом имеют высокое значение достоверности при аппроксимации.

Полученные модели могут быть полезны при оценки потерь напряжения в масляных трансформаторах жилищно-коммунальной отрасли. Аналогичный подход применяется для исследования технических параметров сухих трансформаторов и трансформаторов, заполненных негорючей жидкостью (ТСЗ и ТНЗ). При этом упрощается разработка алгоритмов определения, а также регулирования режимов напряжения в системах жилищно-коммунального сектора [5].

Публикация выполнена при финансовой поддержке государственного задания Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, проект № 0851-2020-0032 «Исследование алгоритмов, моделей и методов повышения эффективности сложных технических систем».

Источники

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Интермент Инжиниринг, 2006. 672 с.

2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии в оборудовании сетей и подстанций// Электрические станции. 2005. №7.

3. Грачева Е.И., Наумов О.В., Садыков Р.Р. Учет потерь холостого хода трансформаторов в период эксплуатации при расчете потерь электроэнергии в распределительных сетях// Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. №1-2. С. 53-63.

4. Голубцов Н.В., Федоров О.В. Электротехнические комплексы и системы предприятий как объекты энергосбережения// Электрические аппараты и электротехнические комплексы и системы: Мат-лы междунар.науч.-практич.конф. Ульяновск: УлГТУ, 2012. С. 222-226.

5. Шпиганович А.Н. Проблемы и перспективы развития распределенной генерации// Вести высших учебных заведений Черноземья. 2011. №1. С. 38-41.

УДК 620.98

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИНДОНЕЗИИ

Демократиа Джессе Иммануел
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
immanueljc19@gmail.com

Аннотация: Правительство Индонезии взяло на себя обязательство сократить выбросы парниковых газов на 29 % по сравнению с уровнем “как обычно” к 2030 году или на 41 %, если будет оказана помощь со стороны развитых стран. Руководствуясь этим обязательством, правительство Индонезии разработало стратегию развития системы производства электроэнергии для удовлетворения потребностей в производстве и потреблении в электроэнергии.

Ключевые слова: сокращение выбросов, возобновляемые источники энергии, развитие электроэнергии.

ALTERATION OF INDONESIA’S ENERGY PRODUCTION AND CONSUMPTION

Democratia Jesse Immanuel
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
immanueljc19@gmail.com

Abstract: *The Indonesian government has committed to reducing greenhouse gas emissions by 29% from the “business as usual” level by 2030 or 41% if there is assistance from developed countries. With this commitment, the Government of Indonesia has set a strategy in developing an electrical energy generation system, in meeting the needs and demands for electricity.*

Keywords: *emissions reduction, renewable energy sources, electricity development.*

Потребление электроэнергии в Индонезии в среднем росло примерно на 4,8 % в год в течение последних 5 лет. Национальное потребление электроэнергии выросло примерно на 5.8 % в 2014 г., на 2.3 % в 2015 г., на 6.1 % в 2016 г., на 3.6 % в 2017 г. и примерно на 6.2 % в 2018 г. [1, С.94]. Основываясь на прогнозе спроса на электроэнергию Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Индонезия, внутренний спрос на электроэнергию, по оценкам, вырастет до 2,214 ТВтч в 2050 году.

При строительстве электростанций приоритетное внимание уделяется использованию новых и возобновляемых источников энергии в целях сокращения выбросов парниковых газов. В 2025 году роль новой энергии и возобновляемых источников энергии составит не менее 23 % при условии, что экономика будет удовлетворена, нефть составит менее 25 %, уголь - не менее 30 %, а природный газ - не менее 22 %. В 2050 году роль новой энергии и возобновляемых источников энергии составит не менее 31 % [2, С.II-31, 3, С.5].

Одним из крупнейших источников выбросов является сжигание ископаемого топлива на электростанциях [4, С.2, 5, С.3]. Сектор производства электроэнергии обеспечил 43.88 % или эквивалент 261,427 млн тонн CO_{2e} от общего объема национальных выбросов парниковых газов в 2018 году [6, С.56, 7, С.55]. Для сокращения выбросов CO_2 в энергетическом секторе правительство Индонезии прилагает следующие усилия: 1) Уделять приоритетное внимание использованию возобновляемых источников энергии в качестве попытки сократить выбросы CO_2. 2) Выполнение переключения топлива с угля на природный газ. Прямое переключение на топливо также сократит выбросы парниковых газов, поскольку коэффициенты выбросов природного газа ниже, чем выбросы угля. 3) Использование низкоуглеродистых и эффективных технологий, таких как метан угольных пластов (куб.м), Комбинированный цикл комплексной газификации (IGCC) и улавливание и хранение углерода (CCS), для значительного сокращения выбросов парниковых газов. 4) Использование топлива на основе биомассы в качестве источника энергии.

Россия также развивает использование новых и возобновляемых источников энергии в составе системы производства электроэнергии, а применение энергоэффективных электроприборов уменьшает потребление [8, С.2, 9, С.55]. К 2030 году доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в российском энергобалансе может вырасти более чем втрое и превысить 11% [4, С.1, 5, С.3]. С таким заявлением выступил 5 апреля гендиректор Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA) Аднан Амин. По состоянию на 2018 год общая мощность электростанций на возобновляемых источниках энергии в России составляет 137 МВт. Как и Индонезия, Россия также обладает потенциалом солнечной энергии, которого достаточно для использования в качестве солнечной электростанции. Кроме того, Россия обладает самым большими в мире ветропотенциалом. В

изолированных от единой энергосистемы регионах РФ – самый высокий ветропотенциал. Это стратегически перспективные регионы с учетом глобального изменения климата и задач по освоению Арктики. Стратегия, принятая для поддержки программы развития электростанций на возобновляемых источниках энергии в России, заключается в локализации оборудования и оборудования для ветровых и солнечных электростанций.

Источники

1. Kementerian Energi dan Sumber Daya Alam. Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038. Jakarta, 2019. P. 94.
2. PT Perusahaan Listrik Negara. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) Tahun 2021-2030. Jakarta, 2020. P. II-31.
3. Dewan Energi Nasional. Outlook Energi Indonesia 2019. Jakarta, P. 5.
4. Mendeleev D.I., Maryin G.E., Akhmetshin A.R. Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. vol. 643. P. 1-2.
5. Mendeleev D.I., Marin G.E., Akhmetshin A.R. The Implementation and Use of Gas Turbines with Absorption Refrigerating Machine in the Technological Schemes of Thermal Power Plants // 2019 FarEastCon. 2019. P. 3.
6. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV). Jakarta, 2020. P. 56.
7. Kementerian Energi dan Sumber Daya Alam. Data Inventory Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi. Jakarta, 2016. P. 55.
8. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Soluyanov D.Y., Akhmetshin A.R. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. vol. 860. P. 2.
9. Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Определение параметров симметрирующих трансформаторов // Промышленная энергетика. 2015. №1. С. 54-59.

УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННОГО РАЙОНА

Емельянов Руслан Константинович[1], Савин Дмитрий Андреевич[2],
Васильев Николай Вячеславович[3]
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия
ruemelianov@yandex.ru

Аннотация: Рост народонаселения планеты и обеспечение стабильных темпов экономического развития промышленно развитых стран, повышение конкурентоспособности ключевых отраслей производства требуют опережающего развития энергетики, так как она является жизнеобеспечивающей инфраструктурой и одной из базовых отраслей экономики страны. Развитие энергетики должно осуществляться опережающими темпами по сравнению с другими отраслями промышленности. Новый тренд в энергетике – это повсеместное внедрение возобновляемых источников энергии для улучшения экологической безопасности, одновременно обеспечив независимое энергоснабжение.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечные электрические станции, ветровые электрические станции, изолированные районы, комбинированные источники энергии.

USING RENEWABLE POWER SOURCES FOR POWER SUPPLY ISOLATED AREA

Emelyanov Ruslan Konstantinovich[1], Savin Dmitry Andreevich[2],
Vasiliev Nikolay Vyacheslavovich[3]
FSBEI HE «Samara State Technical University», Samara, Russia
ruemelianov@yandex.ru

Abstract: *The growth of the world population and ensuring stable rates of economic development of industrialized countries, increasing the competitiveness of key industries require advanced development of energy, since it is a vital infrastructure and one of the basic sectors of the country's economy. The development of energy should be carried out at a faster pace compared to other industries. A new trend in the energy sector is the widespread introduction of renewable energy sources to improve environmental safety while ensuring independent energy supply.*

Keywords: *renewable energy sources, solar power plants, wind power plants, isolated areas, combined energy sources.*

Проблема изменения климата из года в год становится крайне важной. Электрооборудование испытывает на себе различные природные аномалии, такие как критическое усиление ветра, образование гололеда, повышенные

температуры в районах, где ранее этого не наблюдалось. Сильнейшим фактором, влияющим на изменение климата, является производство электроэнергии. В стремлении уменьшить загрязнение на сегодняшний день широко обсуждается повсеместное применение возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ), таких как солнечные (СЭС) и ветряные электростанции (ВЭС), в том числе газотурбинные установки (ГТУ), работающие на водороде [1, С.2]. К примеру, в развитых странах увеличивается выработка электроэнергии с помощью ВЭС, а в Германии потребление электроэнергии, произведённой ВИЭ, превысило 50%. В данном вопросе не отстает и Российская Федерация, увеличивая объемы выработки с помощью ВИЭ. В частности, применение их в изолированных районах с целью снижения затрат на строительство линий электропередач. Однако применение только ВИЭ может привести к снижению надежности электроснабжения, поэтому предлагается комбинированное электроснабжение отдельных поселений с использованием газотурбинных установок малой мощности. Коэффициент полезного действия современных ГТУ достигает 40% [1, С.2]. Для повышения надежности снабжения энергии существуют и схемы с гексагональной конфигурацией [2, С.5], и модели энергетического хаба [3. С.6]. Еще одним из важных показателей является обеспечение качества электроэнергии [4, С.83]. Качество электроэнегрии одна из главных задач сетевых организаций [6, С.56] Принципиальная схема электроснабжения изолированного района с использованием СЭС, ВИЭ и ГТУ представлена на рис.1.

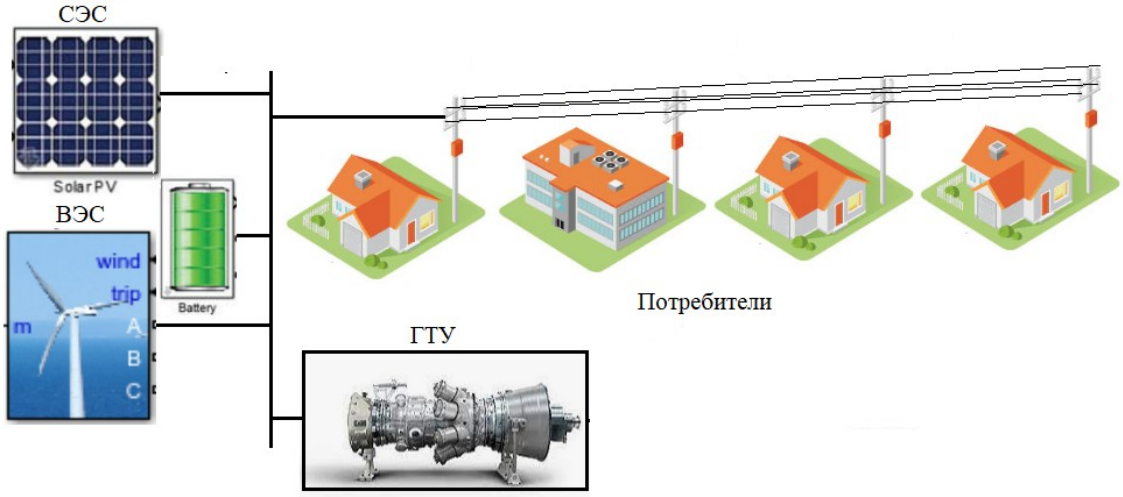


Рис.1. Принципиальная схема электроснабжения изолированного района

В статье рассмотрено применение ВИЭ для надежного и качественного энергоснабжения отдельного поселения.

Представленная схема, рис. 1, может полностью удовлетворить потребности в надежном и качественном электроснабжении изолированных

районов. При отсутствии ветра будут работать СЭС либо ГТУ [5, С.42, 7, С.57]. При отсутствии солнца и ветра будут работать ГТУ. Также использование ВЭС и СЭС позволит выровнять график работы ГТУ, способствуя продлению его срока службы.

Источники

1. Mendeleev D.I., Maryin G.E., Akhmetshin A.R. Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. vol. 643. article number 012099. DOI: 10.1088/1757-899X/643/1/012099.

2. Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А., Зырин Д.В. Интеллектуальные распределительные сети 10–20 кВ с гексагональной конфигурацией. Промышленная энергетика. 2013. № 12. С.3–7.

3. Герасимов Д.О., Суслов К.В., Уколова Е.В. Принципы построения модели энергетического хаба. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3 (43). С. 3-12.

4. Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередачи в распределительных сетях 10 кВ. Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. №5-6. С. 79-85.

5. Илюшин П.В., Тыквинский А.М. Особенности обеспечения надёжного электроснабжения промышленных потребителей в изолированных энергосистемах. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 1(41). С. 39-50.

6. Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Определение параметров симметрирующих трансформаторов // Промышленная энергетика. 2015. №1. С. 54-59.

7. Воропай Н.И., Ретанц К., Хэгер У., Томин Н.В., Курбацкий В.Г., Панасецкий Д.А., Колосок И.Н. Разработка инновационных технологий и средств для оценки и повышения гибкости современных энергосистем // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 1 (64). С. 52-63.

УДК 621.3

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Ишелев Илья Юрьевич[1], Воркунов Олег Владимирович[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*shmel_5@mail.ru*

Аннотация: В статье представлена структура существующей энергетической системы России, описаны текущие проблемы и дальнейшие перспективы развития системы с учетом имеющегося потенциала и особенностей энергетики страны. Представлен один из наиболее перспективных подходов к вопросу дальнейшего развития электроэнергетики.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, Россия, генерация, распределение, перспективы, инновационное развитие.

STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY IN RUSSIA

Ishelev Ilya Yurievich[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2]
«Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
shmel_5@mail.ru

Abstract: *The article presents the structure of the existing energy system in Russia, describes the current problems and future prospects for the development of the system, taking into account the existing potential and features of the country's energy sector. One of the most promising approaches to the issue of further development of the electric power industry is presented.*

Keywords: *electric power system, Russia, generation, distribution, prospects, innovative development.*

Энергетическая система России представляет собой 69 региональных энергосистем, которые разделены на 7 самостоятельных групп - Центр, Урал, Восток, Сибирь, Средняя Волга, Юг и Северо-Запад, соединенных между собой линиями электропередачи. Потенциал электроэнергетики России включает в себя более 700 электростанций обладающих мощностью более 5 МВт, при этом данные источники распределены следующим образом: ТЭС – 68,4 %, АЭС – 10,7 %, гидроэлектростанций – 20 % [1, С.75].

В связи с этим современная структура электроэнергетики страны обильно использует углеродное топливо. Кроме роста цен на эти ресурсы,

увеличивается и стоимость их добычи, переработки и транспортировки, что неизбежно приводит к значительному росту себестоимости электроэнергии. Так же важно отметить и высокий уровень физического износа оборудования, который составляет порядка 50 %, что в абсолютном значении превышает отметку в 110 тыс. МВт общей мощности электростанций в России [2, С.56].

Энергетический сектор является важнейший составляющей устойчивого инновационного развития экономики, которая обеспечивает необходимый уровень развития инфраструктуры энергетики и реализацию обширного воспроизводственного потенциала страны.

Российская энергетика имеет огромный объем производства электроэнергии, обусловленный большой площадью и высокой численностью населения, что в свою очередь требует целесообразного подхода к распределению ресурса в энергетической системе. Важно уделить внимание и поставкам энергоресурса на внешний рынок.

Реализация такого подхода и энергетической политики России позволит обеспечить качественное и надежное обеспечение потребителей энергетического сектора, и создать основу для дальнейшего развития инноваций в данной отрасли [3, С.55].

Анализируя актуальное состояние электроэнергетики в России, становится очевидным, что последние годы наблюдается снижение удельного расхода электроэнергии.

Согласно данным единой энергетической системе (ЕЭС) России, за последний год электропотребление сократилось на 0,5 %. Это является последствием решения о развитии электрических сетей с напряжением 220 кВ и выше, а так же строительстве ТЭЦ с единичной мощностью до 10 млн. кВт, строительстве линий электропередач (ЛЭП) с напряжением 1150 кВ. Все вышеперечисленное свидетельствует о приоритете перехода к централизованной системе [4, С.26].

Развитие соответствующих энергетических структур должно проходить совместно с формированием новых интеллектуальных энергетических систем электроснабжения. Так же необходима дальнейшая модернизация механизмов взаимодействия структурных элементов энергетической системы, особенно области финансирования, коммуникации структурных подразделений отрасли государственного регулирования энергобаланса и субъектами, владеющими генерирующим потенциалом – региональными электрическими сетями [5, С.341].

Постепенное развитие электроэнергетической отрасли позволит проработать инновационные принципы управления новой модели данной

системы, позволит сформировать актуальные решения по развитию централизованных распределенных генерирующих источников электроэнергии, что в свою очередь позволит создать сбалансированную систему электроснабжения.

Таким образом, создание новой системы электроснабжения является неизбежным этапом ее развития, при этом наиболее рациональным шагом станет модернизация системы распределения, с частичным преобразованием системы источников электроснабжения. Представленные пути развития предъявят свои требования к дальнейшему проектированию и эксплуатации энергосистемы, а также к правилам функционирования рынков электрической энергии.

Источники

1. Жилкина Ю.В. Развитие электроэнергетики: вертикальная интеграция или дальнейшая либерализация отрасли? //Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. №. 2 (38). С. 73-78.

2. Фишов А.Г. и др. Исследование влияния электронной генерации на статическую апериодическую устойчивость электроэнергетической системы//Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т. 22. №. 2. С. 51-64.

3. Королев В.Г. Проблемы развития электроэнергетики в условиях перехода на инновационный путь развития экономики //Инновации и инвестиции. 2020. №. 9. С. 54-59.

4. Уринсон Я.М., Кожуховский И.С., Сорокин И.С. Реформирование российской электроэнергетики: результаты и нерешенные вопросы //Экономический журнал Высшей школы экономики. 2020. Т. 24. №. 3. С. 21-27.

5. Кейлин И.А. Рынок электроэнергетики в России: особенности формирования, текущая оценка и перспективы развития //Образование и право. 2021. №. 4. С. 338-344.

УДК 621.315.2.016.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6-10 кВ МЕТОДОМ ЧР

Кажмуратов Рустам Абубакирович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
kazhmuratovrustam@gmail.com

Аннотация. В данной работе приведены основные способы повышения эффективности эксплуатации кабельных линий 6–10 кВ.

Ключевые слова: кабельная линия (КЛ), воздушная линия (ВЛ), частичный разряд (ЧР).

INCREASING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF CABLE LINES 6-10 kV BY THE METHOD OF PD

Kazhmuratov Rustam Abubakirovich
«Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
kazhmuratovrustam@gmail.com

Annotation. *This paper presents the main ways to improve the efficiency of operation of 6-10 kV cable lines.*

Key words: *cable line (CL), overhead line (VL), partial discharge (PD).*

Кабельные линии 6–10 кВ в основном применяются в промышленных, городских и сельскохозяйственных системах электроснабжения, общая протяженность которых составляет примерно 1 млн. км. И эта протяженность силовых КЛ имеет тенденцию к увеличению в связи с тем, что большинство предприятий концентрируются в крупных городах, для которых КЛ являются основным видом передачи электрической энергии. Поэтому повышение надежности силовых кабельных линий - является первостепенной задачей, необходимой для обеспечения надежного электроснабжения потребителей [1].

В большинстве случаев в качестве кабельной линии применяется кабель с тремя фазами с бумажной пропитанной маслом изоляцией и алюминиевыми жилами. Согласно статистикам, среднее количество повреждений кабельной линии 6–10 кВ на 100 км составляет 10–25 единиц/год, что является в 1,5–2 раза меньше, чем в сетях воздушной линии [2]. Силовые КЛ 6–10 кВ в основном выходят из строя вследствие следующих причин:

- дефектов прокладки – 20 %;
- естественного старения – 31 %;
- механических повреждений – 30 %;
- заводских дефектов – 10 %;
- коррозии – 9 %.

В реальных условиях, на КЛ воздействует большое количество различных разрушающих факторов. Все эти воздействия непременно приводят к снижению уровня надежности КЛ. Для сохранения нормативного ресурса до требуемого уровня разрабатываются и применяются различные мероприятия. К ним можно отнести: защиту кабелей в траншеях и при открытой прокладке; строительство защитных кабельных сооружений (кабельные туннели и каналы, кабельные эстакады, шахты и др.); повышение квалификации обслуживающего персонала; повышение технической оснащенности служб, занимающихся профилактикой, монтажом и ремонтом электрических сетей.

Также в процессе длительной эксплуатации происходит старение электрической изоляции КЛ: около 40% всех отказов силовых кабелей связано с нарушением электрической прочности изоляции. Физический износ силовых кабелей городских и областных кабельных сетей составляет примерно 70–80 % [3].

На первый взгляд решить данную проблему можно путем замены КЛ 6-10 кВ, выработавших свой ресурс, новыми и современными, например, из сшитого полиэтилена, нормативный срок службы которых может достигать 50 лет.

Однако замена всех КЛ в течение одного года или двух лет потребует большие затраты. Следовательно, замену КЛ 6-10 кВ необходимо производить постепенно в течение 10-15 лет. Отсюда вытекает вопрос о надежности существующих КЛ, об их ресурсе для дальнейшей эксплуатации.

Выходом из этого положения является неразрушающая диагностика, которая позволит классифицировать КЛ по их остаточному ресурсу и создать алгоритм постепенной замены старых кабелей. Следовательно, с помощью нее можно увеличить срок службы КЛ, сверх нормативных сроков, и с большой экономией обеспечить их техническое обслуживание и ремонт.

Одним из результирующих методов диагностики является метод измерения частичных разрядов (ЧР), который позволяет не только определить уровень частичных разрядов в КЛ, но и определить их местонахождение на кабельной линии.

Частичный разряд – это электрический разряд, длительность которого составляет единицы-десятки наносекунд. ЧР частично шунтирует изоляцию кабельной линии. ЧР появляются в слабом месте кабельной линии под воздействием переменного напряжения и приводят к постепенному развитию дефекта и разрушению изоляции.

Сущность данного метода состоит в том что, в момент появления ЧР в кабельной линии возникает два коротких импульсных сигнала, длительности которых десятки-сотни наносекунд. Эти импульсы распространяются к разным концам кабельной линии. Измеряя импульсы, достигшие начала кабеля, можно определить расстояние до места их возникновения и уровень [4].

Метод измерения ЧР заключается в том, что он выявляет самые слабые места кабеля, степень развития повреждения в этих местах и их локализацию. Тем самым мы можем более точно определить его остаточный ресурс и в зависимости от результатов измерения принять решение, например, о немедленном выводе кабеля из эксплуатации или же о продлении его срока службы [5].

Источники

1. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour

2. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

3. Кудряков А.Г., Сазыкин В.Г., Холодняк С.В. Техническое состояние агропромышленных кабельных линий напряжением 6–10 кВ // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы V Международной научно-практической конференции. Саратов: Буква. 2014. С. 174–178.

4. Ба Бораик А.М., Усачев А.Е., Кубарев А.Ю. Моделирование процесса возникновения частичного разряда в компьютерной среде // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 9-10. С. 25–30.

5. Русова В.А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. Екатеринбург: УрГУПС, 2011. 370 с.

УДК 621.316

ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕКЛОУЗЕРОВ

Князева Юлия Владимировна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
kniazeva.yuliya2015@yandex.ru, valiullinadiliya@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются различные установки реклоузеров в электрической сети, обеспечивающие повышение надежности электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: реклоузер, электрическая сеть, воздушная линия, электроснабжение, надежность.

CHOOSING THE CONFIGURATION OF THE ELECTRICAL NETWORK CIRCUIT USING RECLOSERS

Knyazeva Yulia Vladimirovna[1], Valiullina Dilia Mansurovna[2]
FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
kniazeva.yuliya2015@yandex.ru, valiullinadiliya@mail.ru

Abstract: *this article discusses various installations of reclosers in the electrical network, providing an increase in the reliability of power supply to consumers.*

Keywords: *recloser, electric network, overhead line, power supply, reliability.*

Одна из самых главных проблем сегодняшней электроэнергетики – частые аварийные ситуации на воздушных линиях среднего напряжения. Это обусловлено их значительной протяженностью и большим износом присоединенного к ним оборудования потребителей.

Отсюда энергосбытовые компании требуют установку на воздушных линиях питания потребителей секционирующих устройств, автоматически отделяющих эту линию от общей электросети при аварийных ситуациях на ней. Такими устройствами и являются реклоузеры.

Само понятие «реклоузер» возникло в США. Реклоузер – это автономное устройство, которое используется для автоматического отключения и повторного включения цепи переменного тока по предварительно заданной последовательности циклов отключения и повторного включения с последующим возвратом в исходное состояние, при этом сохраняя включенное положение или блокировку в отключенном

положении [1]. Также он включает в себя комплекс элементов управления, они необходимы для обнаружения токов короткого замыкания и управления реклоузером.

С научной точки зрения хочется обозначить два момента: во – первых, реклоузер – коммутирующее устройство на основе вакуумного выключателя, выполняющее функцию автоматического отключения отрезка (секции) линии электропередачи в случае возникновения перегрузки (например, короткого замыкания) в этой секции или при технологической необходимости. А во – вторых, включает в себя комплекс элементов мониторинга и управления сетью, необходимых для обнаружения аварийной ситуации и отключения участка сети, а также для последующего повторного включения цепи (автоматическое повторное включение – АПВ) [2].

Дело в том, что в сетях не устойчивы и самоустраняются в течение нескольких секунд повреждения, на данный момент их около 80%. Основными причинами таких повреждений являются: схлестывание проводов, касание проводов ветвями деревьев, перекрытие изоляторов в результате грозовых воздействий, а также птицы, животные и др [3]. Для того, чтобы устранить эти причины, необходимы отключение и последующее автоматическое включение линии при неустойчивом повреждении. Известно, что они исключают длительные перерывы электроснабжения.

Основные функции реклоузера:

1. Определения возникновения повреждения – микропроцессорная релейная защита, действие которой направлено на выявление конкретного повреждения и выдачу управляющего сигнала на коммутационную аппаратуру.

2. Выделения повреждения – коммутационные аппараты, призванные разделять (секционировать) линию на отдельные участки, с целью выделения поврежденного элемента схемы.

3. Восстановления питания – устройства, призванные в кратчайшие сроки восстановить питание на неповрежденных участках, это автоматика повторного включения (многократные АПВ), автоматика включения резервного питания (АВР).

Таким образом, в последние годы, в связи с децентрализацией электроснабжения, сетевые компании стали массово требовать от потребителей электрической энергии установки реклоузеров на отпайках, на границах балансовой принадлежности сетей [4]. Возник огромный спрос на недорогие реклоузеры.

Отсюда следует, что в настоящее время компактные и простые в использовании реклоузеры, устанавливаемые на одной или двух опорах ЛЭП, выпускаются уже многими предприятиями нашей страны [5].

Источники

1. Воропай Н. И. и др. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике.М.: ООО Изд. «Энергия», 2013.

2. Кавченков В. П. Вероятностные, статические модели и оценка надежности энергетических систем. ИЗД. «Универсум», Смоленск, 2002

3. Abdulrahman Almutairi, Pericles Pilidis, Nawaf Al-Mutawa, Energetic and Exergetic Analysis of Combined Cycle Power Plant: Part-1 Operation and Performance // Energies 2015. V. 8. 14118-14135

4. Козлов В. К., Киржацких Е.Р. Автономный емкостной источник питания для устройств измерения параметров воздушной линии электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 3-4.

5.Зуев А. С. Стратегия повышения энергоэффективности компании ОАО «НК» Роснефть» // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. №. 3.

УДК 620.92

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Кузнецова Анастасия Михайловна[1], Кулешова Галина Сергеевна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва
[1] KuznetsovaAnM@mpei.ru, [2] AlexeenkovaGS@mpei.ru

Аннотация: В статье приведены анализ основных проблем водородной энергетики и краткий обзор развитых на данный момент технологий производства водорода. Рассмотрены уровни развития данной технологии в России и зарубежных странах.

Ключевые слова: водород, углекислый газ, экологические аспекты электроэнергетики.

KEY PROBLEMS AND ADVANTAGES OF HYDROGEN ENERGY

Kuznetsova Anastasia Mikhailovna[1], Kuleshova Galina Sergeevna[2]
[1,2] FSBEI HE «NRU «MPEI», Moscow
[1] KuznetsovaAnM@mpei.ru, [2] AlexeenkovaGS@mpei.ru

Abstract: The article provides an analysis of the main problems of hydrogen energy and a brief overview of the currently developed technologies of the production of hydrogen. The levels of development of this technology in Russia and foreign countries are considered.

Keywords: hydrogen, carbon dioxide, environmental aspects of the electric power industry.

Проблемы экологических последствий энергетических преобразований являются ограничивающими факторами устойчивого развития мировой экономики. Избежать этого возможно путем перехода на новые технологии.

Экологический аспект энергетики заставляет нас искать новые, более безопасные способы производства энергии. В большинстве развитых стран быстро растет интерес к рассредоточенным источникам энергии, в частности к водородной энергетике. Все большую практическую применимость находит использование топливных элементов, преобразующих энергию за счет химической реакции. Выбросы из них, при использовании в качестве топлива водорода, представляют собой водяной пар и низкие уровни двуокиси углерода [1].

Преимущество водорода состоит в том, что он может быть рассмотрен и как энергоноситель, и как средство накопления и хранения

электроэнергии в моменты превышения её выработки над спросом потребителей [2].

В настоящее время существуют три основные технологии производства водорода – электролиз воды, паровой риформинг метана и пиролиз метана. При этом необходима выработка именно «чистого», то есть экологически нейтрального, водорода. Согласно данным ПАО «Газпром», для получения 1 куб. м водорода методом пиролиза метана требуется всего 0,7-3,3 кВт·ч, а электролиза – 2,5-8 кВт·ч [2]. Однако автотермический риформинг сопровождается выбросами углекислого газа, что значительно удорожает процесс за счёт использования технологий его улавливания. Третий способ представляет собой набор решений для получения водорода без доступа кислорода, следовательно без выбросов CO_2, что означает, что при прочих равных условиях пиролиз метана оказывается дешевле в расчете на единицу произведенного водорода.

Так как выработанный водород может использоваться по-разному, в зависимости от отрасли можно получить как значительные, так и небольшие экологические выгоды. Если для производства водорода использовать «грязную» электроэнергию, то получается, что водород является также «грязным» в месте выработки, но «чистым» в месте потребления? В этом состоит одна из дилемм водородной энергетики.

Также остро стоит вопрос повышения коэффициента полезного действия промышленных установок производства водорода. На данный момент этот показатель составляет от 42 до 68 % [3]. Увеличения общего КПД можно добиться, повысив КПД конверсии исходного продукта в водород. Если водород с большим КПД перерабатывать в электроэнергию, а это можно осуществлять с показателем полезного действия, равным 80–90%, то суммарный КПД от начала до конца будет выше 60% [4].

Ещё одним спорным аспектом водородной энергетики является транспортировка выработанного водорода, который представляет собой очень лёгкий и плохо сжижаемый газ.

Однако, несмотря на все противоречия, водородная энергетика уже широко развита за рубежом. В 2017 году Enel Green Power Chile запустила первую в мире на 100% экологически чистую коммерческую микросеть электроэнергии в Чили. Работу сети обеспечивает комплекс гибридных накопителей, состоящий из солнечной электростанции (125 кВт/ч), системы водородных (450 кВт/ч) и литиевых (132 кВт/ч) батарей. В апреле 2019 года французская EDF, владеющая 58 атомными энергоблоками, запустила программу Hynamics по поставкам и обслуживанию электролизеров, а также заправке водородного транспорта стоимостью 16

млн евро. В 2020 году в Германии должно производиться до 14 ГВт водорода на гидролизерах, в 2030 году – уже 44 ГВт [5].

Россия же, на первый взгляд, не вступила в водородную гонку, но к этому есть предпосылки. В октябре 2019 года на совещании в Минэнерго России при участии Ростеха, «Газпрома», СИБУРа, Росатома было впервые принято решение разработать Национальную программу развития водородной энергетики. Водород может повысить эффективность использования генерирующих мощностей в России, считают авторы доклада, и решить проблему запертых мощностей, при этом затраты на энергоснабжение на удаленных и изолированных территориях снизятся на 27–30% [5].

Таким образом, несмотря на спорные аспекты водородной энергетики, такие как высокие затраты на оборудование и производство, проблемы транспортировки и средние показатели КПД, она имеет неоспоримое преимущество в виде экологичности и развивается по всему миру достаточно быстрыми темпами.

Источники

1. Гатина Р.З., Гафуров Н.М., Зайнуллин Р.Р. Перспективы развития малой энергетики с использованием топливных элементов // Вестник Казанского Технологического университета. 2018. №1. с. 88-96.

2. Конопляник А.А. Чистый водород из природного газа // Журнал «Газпром». 2020. №9. с. 20-29.

3. Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию [Электронный ресурс] // Сколково. Московская школа управления. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Hydrogen-economy_Rus.pdf

4. Проблемы водородной энергетики [Электронный ресурс] // Постнаука. URL: https://postnauka.ru/video/95574

5. Гриб Н.С. Водородная энергетика: мифы и реальность // Национальный отраслевой журнал «Нефтегазовая вертикаль». 2019. №19. с. 61-69.

УДК 621.316.11

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С N УЗЛАМИ

Нгуен Дык Хоан
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
ndh.sfy@gmail.com

Аннотация: В данной статье представлены исследования и разработка оптимальной программы для расчета параметров распределительной энергосистемы с n узлами методом Ньютона-Рафсона на основе задачи потоков мощностей. Результаты задачи используются при проектировании, эксплуатации и управлении электрическими сетями. Результаты программы проверены для 21-узловой распределенной энергосистемы.

Ключевые слова: энергосистема, распределительная энергосистема, поток мощности, метод Ньютона-Рафсона, вычислительная оптимизация.

CREATION OF OPTIMIZATION PROGRAM FOR CALCULATION OF PARAMETERS OF DISTRIBUTION POWER SYSTEM WITH N NODES

Nguyen Duc Hoan
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
ndh.sfy@gmail.com

Abstract: *This paper presents the research and development of an optimal program to calculate parameters for a distribution power system with n nodes by Newton-Raphson method on the basis of the power flow problem. The results of the problem are used in the design, operation and control of electrical networks. The program results are checked for the 21-node distributed power system.*

Keywords: *power system, distribution power system, power flow, Newton-Raphson method, computational optimization.*

Расчет потока мощности позволит найти потери мощности в ветвях и всей сети, тем самым определив потери мощности, как основу для оценки экономико-технических критериев [1]. Расчет распределения напряжения в узлах распределительной сети позволит определить потери напряжения на ответвлениях и напряжение в узлах нагрузки. Результаты расчетов используются при проектировании и эксплуатации электросети [2]. Кроме

того, расчет потока мощности также определяет распределение тока по ветвям. Ток ответвления также является важным параметром, используемым для проверки проводов и оборудования в аварийных условиях [3].

Рассматривая простую электрическую сеть с 4 узлами, применяя к узлам закон закон Кирхгофа 1, после преобразования мы получаем:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{Y}_{11}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{13}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{14}\dot{U}_4 \\ \dot{I}_2 = \dot{Y}_{21}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{22}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{23}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{24}\dot{U}_4 \\ \dot{I}_3 = \dot{Y}_{31}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{32}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{33}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{34}\dot{U}_4 \\ \dot{I}_4 = \dot{Y}_{41}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{42}\dot{U}_2 + \dot{Y}_{43}\dot{U}_3 + \dot{Y}_{44}\dot{U}_4 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} & \dot{Y}_{13} & \dot{Y}_{14} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} & \dot{Y}_{23} & \dot{Y}_{24} \\ \dot{Y}_{31} & \dot{Y}_{32} & \dot{Y}_{33} & \dot{Y}_{34} \\ \dot{Y}_{41} & \dot{Y}_{42} & \dot{Y}_{43} & \dot{Y}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \\ \dot{U}_3 \\ \dot{U}_4 \end{bmatrix}$$

где: $\dot{Y}_{ij} = \frac{1}{\dot{z}_{ij}} = \frac{1}{R_{ij}+jX_{ij}}$

В общем: если сеть имеет n узлов, система узловых уравнений имеет вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ . \\ . \\ . \\ \dot{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} & \ldots\ldots & . & . & \dot{Y}_{1n} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} & \ldots\ldots & . & . & \dot{Y}_{2n} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ \dot{Y}_{n1} & \dot{Y}_{n2} & \ldots\ldots & . & . & \dot{Y}_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \\ . \\ . \\ . \\ \dot{U}_n \end{bmatrix}$$

Или $\dot{I}_{\text{шин}} = \dot{Y}_{\text{шин}}.\dot{U}_{\text{шин}}$ (1)

Если мы знаем вектор $\dot{\text{I}}_{\text{шин}}$, когда $\dot{\text{Y}}_{\text{шин}}$ уже присутствует, мы рассчитаем напряжение в узлах методом инверсии матрицы [4]: $\dot{U}_{\text{шин}} = [\dot{Y}_{\text{шин}}]^{-1}.\dot{I}_{\text{шин}}$ (2)

Для энергосистемы ток $\dot{I}_{\text{шин}}$ в (1) также является неизвестной переменной и связан с напряжением в узлах ($S = U \cdot I$), поэтому невозможно определить решение $\dot{\text{U}}_{\text{шин}}$ согласно (2). Использование итерационных методов решит проблему поиска $\dot{\text{U}}_{\text{шин}}$ решений системы [5]. Итерационный метод, который использует программа, - это метод Ньютона-Рафсона.

Создание программы оптимизации для расчета системы распределения электроэнергии имеет следующие характеристики:

Входные данные программы подразделяются на два типа:

1. Параметры в узлах: допустимая нагрузка (S-кВА), коэффициент мощности cosφ, сопротивление (Ом), реактивное сопротивление (Ом), коэффициент трансформации трансформатора, потери холостого хода трансформатора (кВт, кВАр), номинальное напряжение электрической сети $U_{ном}$ (КВ).

2. Параметры линии: положение начального узла, положение конечного узла ответвления, длина линии (в метрах), единицы сопротивления и реактивного сопротивления (Ом/км).

Это программа позволяет реализовать расчет и оптимизировать распределительную сеть энергосистемы с произвольным количеством узлов и исходными входными параметрами, результатом будут выходные параметры расчет, описанные выше. Эти результаты можно использовать для проектирования, эксплуатации и управлениями распределительными сетями. Время расчета занимает очень малый временной промежуток, что значительно может облегчить задачу сравнения вариантов на этапе проектирования.

Источники

1. Шатова Ю. А. Передача и распределение электроэнергии: учебное пособие / Шатова Ю. А., Бростилова Т. Ю. Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. 97 с. С. 42–46.

2. Горячев В.Я., Бростилова Т.Ю., Голобоков С.В., Шатова Ю.А. Электрические системы и сети. Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. 134 с. С. 112–119.

3. Ушаков В.Я. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры /Нац. исслед. Томский политехн. ун-т. Москва: Юрайт, 2016. 446 с. С. 335–342.

4. Медведева С.Н. «Математические задачи в электроэнергетике». - Пенза: Изд-во ПГУ, 2019. 56 с. С. 25–31.

5. Любченко В.Я., Родыгина С.В. Применение математического моделирования в задачах электроэнергетики: учебное пособие. Пенза: Изд-во НГТУ, 2018. 72 с. С. 48–53.

УДК 662.769«31»

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Павлов Даниил Владимирович[1], Сидоров Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]lgfdkjd@mail.ru, [2]asidorini@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены основные проблемы и перспективы в сфере водородной энергетики. Представлены критерии разделения водорода по способу его получения и основные характеристики водорода.
Ключевые слова: энергетика, водород, водородная энергетика.

PROSPECTS AND PROBLEMS OF HYDROGEN ENERGY

Pavlov Daniil Vladimirovich[1], Sidorov Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]lgfdkjd@mail.ru, [2]asidorini@mail.ru

Abstract: *The article discusses the main problems and prospects in the field of hydrogen energy. Criteria for the separation of hydrogen by the method of its production and the main characteristics of hydrogen are presented.*
Keywords: *power engineering, hydrogen, hydrogen power engineering.*

В источниках энергии, которые используются в настоящее время очень много минусов: загрязнение окружающей среды (выбросы углекислых газов), истощение природных ресурсов, которые, в свою очередь, приводят к более глобальным проблемам таким, как потепление, разрушение озонового слоя и другим негативным явлениям. С каждым днём всё большее распространение получает водородная область энергетики. Это обусловлено тем, что водород более экологически чистый продукт, который причиняет меньший вред природе [3]. Также астрофизики полагают, что основная масса вселенной, это водород. На Земле же самый распространенный вид образования водорода – это вода, которая является практически не истощаемым видом ресурса для получения водорода и кислорода, а это очень весомая причина перехода именно на этот вид использования водородного ресурса для источников энергии.

Но, существует ряд проблем. Одна из этих проблем – как получить водород, т.к. в природе водород, в чистом виде не встречается. Его извлекают из других соединений с помощью различных химических

процессов [2]. Каждый вид водорода, полученный определенным процессом, разделяют по цветовой гамме на:

Зеленый – получают путем электролиза воды.

Голубой – получают из природного газа.

Красный (розовый) – получают с помощью атомной энергии.

Серый – получают путем конверсии метана.

Коричневый – получают путем газификации угля.

Каждый из способов получения имеет свои недостатки и достоинства, начиная от сложности процесса и заканчивая экономическими затратами [7].

Другая проблема состоит в том, что водород пожароопасен, тем самым, если при его транспортировке или хранении в емкости или баке будут трещины, то это может привести к печальным последствиям. Помимо этого, температура горения водорода может превышать 2800 градусов, и для того, чтобы выдержать такую температуру нужно использовать в конструкции жаропрочные металлы [1]. В процессе горения, водород выделяет токсичный оксид азота – это тоже проблема, и для ее решения нужно разработать технологию приемлемого сжигания водорода, иначе эти выбросы будут выделяться в атмосферу и негативно влиять на нее. Но также есть и свои достоинства водород быстрее рассеивается в атмосфере, что делает его более безопасным, нежели тот же самый бензин.

Водород является самым легким из химических соединений, то в определенном объеме, его помещается меньше, и, например, того же бензобака на автомобиле будет не хватать для того, чтобы он проехал нужную дистанцию [8]. Чтобы применять водород в сфере транспорта он должен быть с высокой плотностью энергии. Наиболее подходящий под эти потребности зеленый. Но для его получения требуются большие затраты. Это самый колоссальный из недостатков, который препятствует его развитию.

Несмотря на все недостатки и проблемы, связанные с водородом, он внедряется в транспорт с каждым днём всё больше. Например, в Китае, США, Японии и других странах Евросоюза, уже работают водородные заправки, создан ряд транспортного средства, который использует в качестве топлива жидкий водород [5].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что несмотря на все проблемы и недостатки, связанные с водородной энергетикой – будущее за ней. Эта область не только переход к более новому приемлемому источнику энергии, но и стимул к достижению более высокой степени

экологической безопасности предприятий, повышения КПД двигателей и новых открытий. Широкое внедрение этой области может дать человечеству большой прорыв в будущем и оградить его от различных видов проблем, как экологического, так и энергетического характера.

Источники

1. Толкачёв В.М. Водородная энергетика: что это такое и почему за ней будущее [Электронный ресурс]. URL : https://nat-geo.ru/science/vodorodnaya-energetika-chto-eto-takoe-i-pochemu-za-nej-budushee/ (дата обращения 20.10.21)
2. Дей Р. Водород – устойчивое энергетическое решение // Мир стандартов. 2007. С. 82-84.
3. Макаршин Л.Л. Освоение новых источников энергии // Экол. вестн. России. 2008. С. 24-26.
4. Мешников В.И., Терунов Е.И. Основы водородной энергетики. СПб: Летц. 2010. 288 с.
5. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей. Киев. Наукова думка. 2009. 318 с.
6. Кизимов В.М. Перспективы и недостатки водородной энергетики [Электронный ресурс]: Тинькофф-журнал. URL : https://journal.tinkoff.ru/news/review-vodorod/ (дата обращения 20.10.21)
7. Плетнев М.А., Копысов А.Н. Социально-экономические проблемы развития водородной энергетики. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 36-45.
8. Степанова А. В. Химические соединения и реакции как источники энергии // Научному прогрессу - творчество молодых : сб. материалов Всерос. науч. студ. конф. По естествен. и техн. дисциплинам, Йошкар-Ола. 2007. С. 75.
9. Таймаров М.А., Ахметова Р.В., Сунгатуллин Р.Г., Чикляев Е.Г. Сжигание метано-водородной фракции и мазута в котлах ТГМ-84А. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016. № 4 (32). С. 83-94.

УДК 620.91

ПЛАН РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЛОКЧЕЙНА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Пигалин Артем Алексеевич
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
artempigalin@mail.ru

Аннотация: В статье предложен план развития энергосистем Крайнего Севера с интеграцией Блокчейна и возобновляемых источников энергии (ВИЭ).
Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, распределенная генерация, солнечная электрическая станция.

PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER SYSTEMS IN THE HARD NORTH CONDITIONS USING BLOCKCHAIN AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

Pigalin Artem Alekseevich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
artempigalin@mail.ru

Abstract: *The article proposes a plan for the development of power systems of the Far North with the integration of Blockchain and renewable energy sources.*
Key words: *renewable energy sources, distributed generation, solar power plant.*

Жители изолированных поселений Крайнего Севера не подключены к централизованной электросети [1], что вынуждает их устанавливать дизельные генераторы. С учетом современной тенденции к декарбонизации, возникает необходимость оптимизировать производство электроэнергии и заменить дизельную генерацию, где это возможно и целесообразно.

Блокчейн – это технология с площадками для проведения операций между участниками системы, действующими без посредников, и в которой применяется децентрализованное хранение информации для отражения всех данных об операциях. Данная технология дает возможность реализовать микро энергосети, когда производителем и потребителем энергии может быть один и тот же человек.

Внедрением Блокчейна количество генераторов будет

оптимизировано, базируясь на их экономической целесообразности, так же планируется и повсеместное замещение их на ВИЭ, например солнечные электростанции (СЭС), которые снабжены механизмом поворота панели за солнцем, что повышает их эффективность на 40 процентов. Вообще СЭС в условиях Крайнего Севера довольно перспективное направление, например, АО «Сахаэнерго», запустили эксперимент, установив в поселке Батамай солнечную электростанцию на 10 кВт, которая показала свою приспособленность к суровым условиям и сейчас этот комплекс суммарной мощностью 30 кВт обеспечивает около 10 % годового потребления электроэнергии. За 12 месяцев работы солнечная электростанция сэкономила 8 процентов от обычного годового объема топлива, который оценивается в 2,5 млн рублей в год.

Примерный план внедрения всей технологии:

1. Установка приборов учета, для прозрачности системы и целом реализации системы.
2. Непосредственно введение блокчейн технологии, которое позволит пользователям продавать избытки и покупать недостатки.
3. Сокращение дизельных генераторов до их оптимального количества в условиях кооперации.
4. Замена доли оставшихся дизельных генераторов, на ВИЭ.
5. Оптимизация режимов ВИЭ в зависимости от их особенности местности.
6. Технологии и процедуры по поддержанию системы в нормальном режиме и сохранения её автономности.

Итогом решения должно стать значительное внедрение технологии блокчейн, а в следствии сокращение количества дизельных генераторов, за счет оптимизации их размещения и замены на всевозможные ВИЭ, актуальные в условиях вечной мерзлоты (например СЭС), что значительно сократит количество выбросов CO_2, соответствуя повестке декарбонизации.

Источники

1. Приказ об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2020 - 2026 годы. от 30.06.2020г. №508. Минэнерго России. с. 267 – 270.

2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. Распоряжением Правительства РФ от 13

ноября 2009г. № 1715-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 28.10.2021).

3. Глотов А.В., Меркульева А.А. Проблемы и перспективы развития изолированных энергосистем Дальнего Востока: на примере энергосистемы Республики Саха (Якутия) // Вестник МФЮА. 2017. № 1.

4. Константинов А.Ф. Нетрадиционные энергоисточники Якутии / отв. ред. Н. С. Бурянина; Якутский гос. ун-т им. М.К. Аммосова, Горно-геологический ин-т. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006г.

5. Баринова В.А., Ланьшина Т.А. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире. 2016г.

6. Ушаков В.Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. Томск: СПБ Графикс, 2011г.

УДК 621.316

СОВРЕМЕННЫЕ АСКУЭ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Рамазанова Регина Ильдаровна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
ramzareg@icloud.com

Аннотация: В статье рассмотрены актуальные технологии передачи данных и современные системы учета и контроля электропотребления АСКУЭ. Приведена структура и основные функциональные элементы системы. Достоинства и недостатки АСКУЭ. А также рассмотрена архитектура центра сбора и обработки данных (совместно с АСКУЭ).

Ключевые слова: автоматизация, эффективность, автоматизированная система контроля и учета электроэнергии, средства передачи информации.

MODERN ACEMS AND DATA TRANSMISSION TECHNOLOGY.

Ramazanova Regina Ildarovna
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
ramzareg@icloud.com

Abstract: *The article discusses the modern system of accounting and control of power consumption, ACEMS and its various data transmission technologies. The structure and main functional elements of the system are presented. Advantages and disadvantages of ACEMS. And also are considered the architecture of the data collection and processing center together and his main functions.*

Keywords: *automation, efficiency, automated control and metering system for electricity, information transmission means.*

Многие потребители стремятся к экономии энергоресурсов и снижению финансовых потерь. С каждым днем энергоресурсы становятся дороже. Соответственно, приходит понимание, что нужно вести грамотный и точный учет электропотребления. Для решения данной проблемы мы рассмотрели внедрение автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии – АСКУЭ.

Понятие АСКУЭ объединяет ряд систем, каждая из которых предназначена для учета и контроля электроэнергии. Для организации системы АСКУЭ необходимо следующее: установить высокоточные средства учета; цифровые сигналы передать в «сумматоры; создать систему передачи данных; организовать центры сбора и обработки информации.

Основные достоинства АСКУЭ: автоматизация процесса сбора данных; исключение человеческого фактора при сборе данных; автоматическое отключение нагрузки абонента при несвоевременной плате или при увеличении установленного лимита по потребляемой мощности; оперативное составление энергобаланса в системе.

Анализ факторов показывает, что существующая система энергоучёта допускает технические и коммерческие потери электроэнергии из-за существенного влияния ряда факторов. К основным факторам относятся: несимметрия нагрузки фаз линий и параметров сети; утечки токов в сети, включая хищения; наличие в сети нелинейных нагрузок; износ электрических линий и высокое сопротивление контактных соединений проводов; обрывы линии; погрешность приборов.

Наибольшая часть потерь приходится на хищения, и они не поддаются точной оценке. Во избежание утечек тока используют АСКУЭ. Система сокращает коммерческие потери электроэнергии, так как ведется непрерывная диагностика состояний электрических линий, что позволяет оценить уровень их износа, идентифицировать обрывы фазных и нулевых проводов распределительных сетей. Актуальной проблемой является раздельная оценка технических и коммерческих потерь.

К сожалению, система контроля и учета электроэнергии еще не полностью внедрена в РЭС. Необходимо разрабатывать и принимать практические меры, направленные на минимизацию технических и коммерческих потерь. Наиболее эффективный путь снижения потерь - это разработка и внедрение дополнительных подсистем в составе существующих АСКУЭ. Например, создание информационно-управляющих систем (ИУС). Эта структура включает в себя: идентификацию и локализацию мест утечек тока; оптимизация режима работы; диагностика состояния магистральных линий; идентификация и мониторинг технических и коммерческих потерь.

На данный момент существуют различные технологии передачи данных в АСКУЭ. Но в системах, где присутствует учет электроэнергии различных объектов используют целый комплекс этих технологий. Например, центр сбора и обработки данных (ЦСОД): *Ethernet* линия – образует выделенную линию с точкой доступа через оператора связи, соединённую с локальной сетью субъекта, через модем, либо через GPRS/3G/4G. Далее от точки доступа идет соединение с использованием связи ZigBee, PLC или RS – радио или кабельное соединение, через которое собираются данные с приборов учета.

Архитектура системы ЦСОД АСКУЭ приведена на рисунке 1.

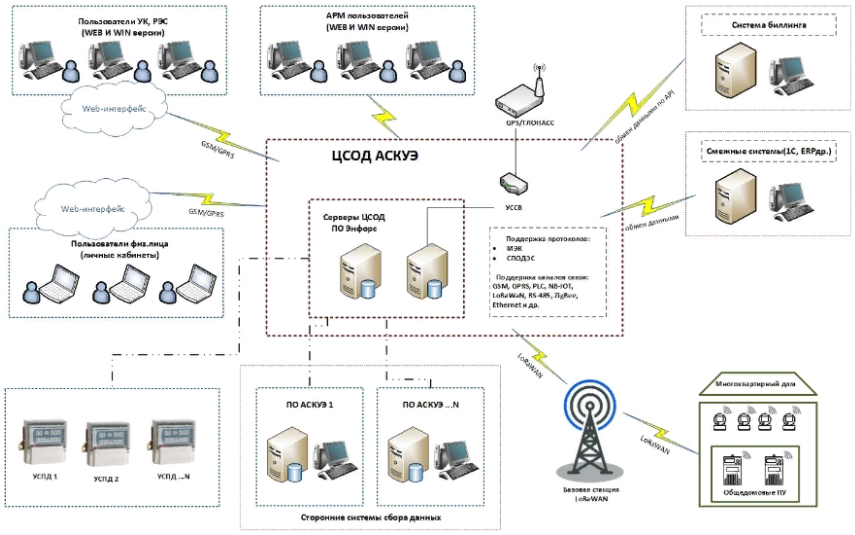


Рис.1. Архитектура системы ЦСОД АСКУЭ

С каждым днем предприятия и другие объекты переходят на современные системы учета электроэнергии. Чтобы спроектировать данную систему, необходимо сделать предпроектное обследование: выяснить какие возможности для организации и учета энергоресурсов уже существуют, какие интеллектуальные сети уже есть, какие приборы учета будут использоваться и определить их технические возможности, учесть географическое положение объектов и их назначение/тип.

Использование АСКУЭ повышает точность учета баланса электроэнергии и скорость обработки информации, а также уменьшает потери электроэнергии благодаря тому, что снятие показаний с электросчетчиков происходит автоматически, быстро и с возможностью вывода информации на монитор.

Источники

1. Ожегов А.Н. Системы АСКУЭ// Учебное пособие Т.- Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. С. 102.

2. Как выбрать каналы связи для сбора и передачи данных с приборов учета АСКУЭ [Электронный ресурс]. https://nforceit.ru/ (дата обращения: 24.10.21).

3. Принципы построения и работы АСКУЭ [Электронный ресурс] // Энергетика и промышленность России [Электронный ресурс]. https://www.eprussia.ru/epr/45/2968.html (дата обращения: 24.10.21).

УДК 621.311.4-52

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОГРАФИИ МЕТОДОМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рахманкулов Шамиль Фаридович[1], Садыков Виктор Олегович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]svo-1999@mail.ru, [2]shamil74000@mail.ru

Аннотация: Превентивные меры по предотвращению тепловых аномалий в электрооборудовании являются необходимой составляющей для нормального функционирования электрооборудования на подстанции. В этой статье мы рассматриваем метод профилактического реагирования для подстанций с использованием компьютерного зрения и тепловых изображений.

Ключевые слова: машинное зрение, термография, мониторинг, превентивные методы диагностики.

PREDICTION OF MAINTENANCE OF SUBSTATION EQUIPMENT USING THERMOGRAPHY BY THE METHOD OF MACHINE LEARNING

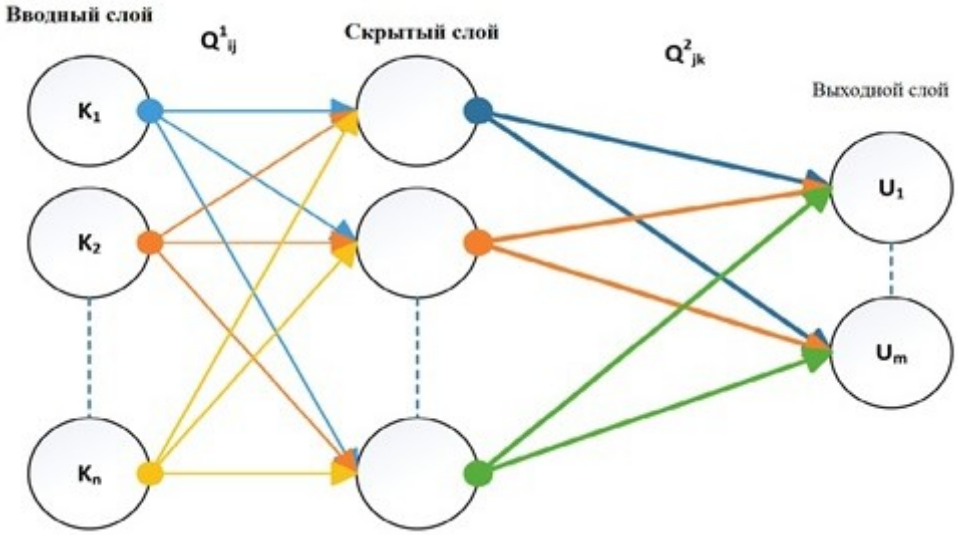
Rakhmankulov Shamil Faridovich[1], Sadykov Victor Olegovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
[1]svo-1999@mail.ru, [2]shamil74000@mail.ru

Annotation: *Preventive measures to prevent thermal anomalies in electrical equipment are a necessary component for the normal functioning of electrical equipment in a substation. In this article, we look at a preventive response method for substations using computer vision and thermal imaging.*

Keywords: *machine vision, thermography, monitoring, preventive diagnostic methods.*

Тепловая энергия играет важную роль в диагностике электрооборудования подстанций. Выявление сбоя на ранней стадии повышает надежность работы энергосистемы и её срок службы. Все электрические объекты с температурой выше нуля испускают инфракрасное излучение, которое увеличивает внутреннюю температуру электрооборудования на подстанции. Движение тока через электрооборудование в подстанции вызывает нагрев в электрических устройствах, таких как реле, конденсаторы и трансформаторы [1]. Для

обнаружения и классификации аномалий как правило используют два подхода: бинарный и много классовый (см рисунок).



Бинарный подход к классификации массива

Эти подходы базируются на том, что так называемые данные для «тренировок» нейронных сетей заранее распределены по аргументам «корректности» и соответственно «неверности» [2]. В случае бинарной классификации есть один или два нейрона, указывающих на вероятность отказа и нормальные условия работы. Аналогично, в мультиклассовой классификации, число нейронов N+1, где один нейрон указывает на вероятность неполадок, и каждый оставшийся N указывает на вероятность каждого типа неполадок [3]. Тем не менее, большинство архитектур алгоритмов диагностики реализуют бинарный классификатор, одноклассовый классификатор или модели без надзора, в которых отсутствует информация о типе сбоя. Поэтому они могут проводить диагностику только путем группирования обнаруженных аномалий по аналогии, как это делается с использованием кластерных моделей [4].

После того, как аномалия обнаружена и диагностирована, развитие деградации может контролироваться на основе условий работы и состояния электрооборудования, фокусируясь на наиболее значимых особенностях для стадий классификации и диагностики, которые могут отслеживать сбои [5]. Этот этап обычно осуществляется с помощью остаточных моделей полезного срока службы, которые оценивают оставшееся время или циклы до тех пор, пока не произойдет сбой, когда имеется достаточно хронологических данных об этом типе сбоя. И

наоборот, если данных о деградации недостаточно, то единственным способом оценки деградации является отслеживание развития деградации. В приводимом ниже перечне обобщаются наиболее распространенные методы, классифицируемые по группам для прогнозирования деградации:

– на основе подобия: сравнить текущее состояние с прошлым поведением от прогона до отказа для обнаружения аномалии;

– статистические данные: использование хронологических статистических данных для оценки деградации, например, мониторинг использования электрооборудования в сочетании с использованием модели среднего времени до сбоя или модели «жизненного цикла» электрооборудования для оценки ожидаемой продолжительности работы [6];

- обучение, которое включает в себя следующее: а) классификация: диагностика данных по известному типу сбоя или аналогичным рабочим данным и последующем прогнозированием деградации, в соответствии с хронологическими данными этого класса; б) регрессия: прямая оценка аномального отклонения или оценка состояния оставшегося «жизненного цикла от входных данных.

Источники

1. Korendo Z., Florkowski M. Thermography based diagnostics of power equipment. Power 2001 с. 33–42.

2. Liu H., Xie T., Ran J., Gao S. An Efficient Algorithm for Server Thermal Fault Diagnosis Based on Infrared Image 2017, с. 910.

3. Лобов Б.Н., Лызарь И.О., Левчук В.Э. Понятие «Цифровая подстанция» // Молодой исследователь Дона. 2020. № 3(24). с. 49–52.

4. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования. М.: ИД «Додэка XXI», 2008. 304 с.

5. Huo Z., Zhang Y., Sath R., Shu, L. Self-adaptive fault diagnosis of roller bearings using infrared thermal images 2017. с. 124-127

6. Старкова Л.Е., Балашов Е.П. Анализ целесообразности внедрения цифровых электрических подстанций // Вестник Вологодского государственно университета. Сер. Технические науки. 2020. № 2(8). с. 44–48.

УДК 621.311

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Рахматуллин Самат Султанович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
samatrakhmatullin@gmail.com

Аннотация: Обозреваются последние ключевые достижения в области высоковольтных энергосистем с целью стимулирования и информирования научных исследователей этой отрасли энергетики.

Ключевые слова: высоковольтные энергосистемы, эксплуатация, управление, защита, безопасность, умные сети электроснабжения

NEW TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF HIGH VOLTAGE POWER SYSTEMS

Rakhmatullin Samat Sultanovich
FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
samatrakhmatullin@gmail.com

Abstract: *Recent key developments in the field of high voltage power systems are reviewed to stimulate and inform scientific researchers in this branch of power engineering.*

Keywords: *high-voltage power systems, operation, control, protection, safety, smart grid*

Растущая сложность эксплуатации, управления, обеспечения безопасности во взаимосвязанных высоковольтных электроэнергетических системах обуславливают необходимость разработки новых соответствующих архитектур, концепций, алгоритмов и процедур. Цель работы заключается в стимулировании исследователей к решению технических вопросов и устранению пробелов в исследованиях высоковольтных систем передачи электроэнергии, включая электрические подстанций и воздушные ЛЭП в современных энергосистемах, путем обозревания последних ключевых достижений и технологий в этой области энергетики, изложенных в виде научных работ ученых и высококвалифицированных специалистов.

Так, рядом авторов в 2019 году предложен метод подавления сверхбыстрого переходного перенапряжения, названный спиральной трубчатой демпфирующей шиной, которая имеет большие перспективы в технике [1, С. 1].

В том же году предложен адаптивный ансамблевый фильтр Калмана с квадратным корнем (AEnSRF), в котором последний и алгоритм Сейджа-Хуса используются для оценки шума измерений в режиме онлайн. Результаты моделирования показали лучшую точность оценки AEnSRF, в отличие от обычного ансамблевого фильтра (EnKF), а также возможность отслеживать шум измерения при его изменении [2, С. 1].

Другие авторы представили переходный электромагнитный метод для определения ориентации сетки заземления без раскопок, который, в отличие от существующих решений, не усиливает окружающую электромагнитную обстановку [3, С. 1]. В ином исследовании предложен цифровой симулятор, позволяющий проводить динамические испытания защитных реле без стационарных испытаний и дорогостоящих симуляторов реального времени. Он включает в себя как импорт внешних, так и функции генерации внутренних форм сигнала [4, С. 1].

В 2020 году ряд авторов представили сравнительное исследование материнских вейвлетов с использованием алгоритма классификации типов повреждений в энергосистеме. Цель исследования – оценить производительность алгоритма защиты путем применения различных вейвлетов для анализа сигналов и определить их подходящий тип для внедрения в защиту энергосистемы [5, С. 1]. В том же году предложен онлайновый мультипроцессорный планировщик с быстродействием, превосходящим другие алгоритмы [6, С. 1].

Представлен новый гибридный алгоритм управления для каскадного модульного многоуровневого преобразователя с оптимизацией ястреба Харриса и оптимизацией поиска атомов для оптимального проектирования контроллера гибридных модульных многоуровневых преобразователей [7, С. 1]. А исследование в [8, С. 1] было посвящено одному примеру его применения, где промежуточный DC-DC преобразователь мощности на основе постоянного тока используется для выделения мощности в высоком диапазоне из фотоэлектрического массива.

В статье [9, С. 1] для анализа загрязнений на поверхности изоляторов используется спектроскопия лазерно-индуцированного пробоя, что отличается высокой результативностью. Также исследователям следует обратить внимание на обзорную статью о киберфизической безопасности в энергосистемах с точки зрения микросети [10, С. 1], что особенно важно в контексте развития умных сетей электроснабжения, актуальность которого подтверждена на федеральном уровне и неоднократно рассматривалась множеством исследователей развития энергетического комплекса в целом [11, С. 4; 12, С. 66].

Источники

1. Almenweer R., Su Y., Xixiu W. Numerical Analysis of a Spiral Tube Damping Busbar to Suppress VFTO in 1000 kV GIS // Appl. Sci. 2019. Т. 9. № 21. С. 5076.

2. Nan D. et al. Dynamic State Estimation for Synchronous Machines Based on Adaptive Ensemble Square Root Kalman Filter // Appl. Sci. 2019. Т. 9. № 21. С. 5200.

3. Qamar A. et al. Detecting Grounding Grid Orientation: Transient Electromagnetic Approach // Appl. Sci. 2019. Т. 9. № 21. С. 5270.

4. Kim J., Cho G., Kim J. Development of Railway Protective Relay Simulator for Real-Time Applications // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 1. С. 191.

5. Pothisarn C. et al. Comparison of Various Mother Wavelets for Fault Classification in Electrical Systems // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 4. С. 1203.

6. Singh P. et al. Managing Energy Plus Performance in Data Centers and Battery-Based Devices Using an Online Non-Clairvoyant Speed-Bounded Multiprocessor Scheduling // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 7. С. 2459.

7. Diab A. et al. Optimal Design and Control of MMC STATCOM for Improving Power Quality Indicators // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 7. С. 2490.

8. Darcy Gnana Jegha A. et al. A High Gain DC-DC Converter with Grey Wolf Optimizer Based MPPT Algorithm for PV Fed BLDC Motor Drive // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 7. С. 2797.

9. Lu S. et al. Analysis of Salt Mixture Contamination on Insulators via Laser-Induced Breakdown Spectroscopy // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 7. С. 2617.

10. Canaan B., Colicchio B., Ould Abdeslam D. Microgrid Cyber-Security: Review and Challenges toward Resilience // Appl. Sci. 2020. Т. 10. № 16. С. 5649.

11. Четошникова Л.М., Смоленцев Н.И., Четошников С.А., Гусаров Г.В. Автономные системы электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии и умной сетью // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 5-6. С. 3–12.

12. Большев В.Е., Виноградов А.В. Перспективные коммуникационные технологии для автоматизации сетей электроснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 2. С. 65–82.

УДК 621.316.14

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ МИКРОГРИДОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИИ С ЭЛЕКТРОМОБИЛЯМИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Садыков Виктор Олегович[1], Рахманкулов Шамиль Фаридович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]svo-1999@mail.ru, [2]shamil74000@mail.ru

Аннотация: В последнее время важной проблемой стало увеличение числа электромобилей (ЭМ) в городской инфраструктуре, поскольку чрезмерное число ЭМ может дестабилизировать систему энергоснабжения в часы пик при запрашиваемой высокой мощности зарядки. Когда энергетическая система жилищной автостоянки принимает структуру микрогрида (МГ), энергоснабжение ЭМ требует эффективной схемы управления электроэнергией. Для минимизации расходов на обслуживание МГ и поддержания стабильности сети МГ необходимо сбалансировать мощность зарядки/разрядки ЭМ на автостоянке. Для достижения этих целей мы предлагаем алгоритм зарядки/разрядки, пригодный для управления мощностью МГ, сконфигурированной с ЭМ. МГ осуществляет многоцелевую оптимизацию для сведения к минимуму затрат на обслуживание и зависимости от сети при максимальном использовании фотоэлектрической (ФЭ) энергии и ЭМ в качестве систем накопления хранения энергии (СНЭ). В соответствии с нашим подходом в целях повышения полезности разрядки ЭМ базовая нагрузка и производство фотоэлектрической энергии рассматриваются в совокупности для целей управления энергопотреблением в целях сглаживания потребления электроэнергии, возникающих в диспропорциях.

Ключевые слова: управление спросом, микрогриды, солнечные системы энергии, зарядка и разрядка.

POWER SUPPLY CONTROL OF MICROGRIDES IN THE CONDITIONS OF INTEGRATION WITH ELECTRIC VEHICLES IN THE URBAN ENVIRONMENT

Sadykov Victor Olegovich[1], Rakhmankulov Shamil Faridovich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
svo-1999@mail.ru, shamil74000@mail.ru

Annotation: *Recently, an important issue has been the increase in the number of electric vehicles (EVs) in urban infrastructure, as the excessive number of EVs can destabilize the power supply during peak hours with the high charging power requested. When the energy system of the residential car park adopts the microgrid (MG) structure, the energy supply of EVs requires an efficient power management scheme. In order to minimize MG maintenance costs and maintain the stability of the MG network, it is necessary to balance the*

charging/discharging capacity of EVs in the parking lot. To achieve these objectives, we propose a charging/discharging algorithm suitable for controlling the power of MG configured with EV. MG implements multi-purpose optimization to minimize maintenance costs and network dependency while maximizing the use of photovoltaic (PV) energy and EVs as energy storage systems (EE). In line with our approach, in order to improve the utility of EV discharge, the basic load and the production of photovoltaic energy are considered together for energy management purposes in order to smooth out imbalances in electricity consumption. As a result, the proposed approach demonstrates a higher efficiency of energy management than other comparable methods.

Keywords: *demand-response management, microgrids, solar power systems, charge, and discharge.*

Микрогрид (МГ) обычно используется для повышения гибкости и надежности энергетических систем. Он, как правило, состоит из распределенных энергетических ресурсов (РЭР), электрических нагрузок, систем возобновляемой энергии (СВЭ) и систем накопления и хранения энергии (СНЭ) [1]. Топологию МГ можно классифицировать по двум основным режимам: островному (изолированному от системы) и связанному с сетью. В островном режиме контроллер уравновешивает спрос на электроэнергию, предотвращая сокращение спроса на электроэнергию [2]. В случае подключенного к сети режима МГ может происходить из-за перебоев в сети. В централизованном МГ центральный контроллер МГ (МГЦК) контролирует энергию, генерируемую из РЭР, и контролирует электрические нагрузки для управления энергетическим балансом в энергосистеме [3]. МГЦК снижает эксплуатационные расходы МГ для пользователей, так как обеспечивает электроэнергию для удовлетворения спроса собственными энергетическими ресурсами, когда цены на энергию на рынке электроэнергии высоки [4]. Для каждого ЭМ функции переключения зарядки и разрядки определяются отдельно, с тем чтобы уменьшить такие неблагоприятные последствия, как уменьшение пропускной способности в результате периодического зарядки/разрядки [5]. Каждому ЭМ присваивается операция зарядки/разрядки на основе сопоставления базовой нагрузки и производства фотоэлектрической энергии в МГ, как это определено в уравнении (1).

$$\begin{cases} O_{\text{Зперекл}}^{i,t} = +1 \text{ если } P_{\text{нагрузки}}^{t} - P_{\text{ФЭ}}^{t} < P^{\text{зар}} \text{ и } \text{УЗ}_{\text{ЭМ}}^{i,t} < \text{УЗ}_{max} \\ O_{\text{Рперекл}}^{i,t} = +1 \text{ если } P_{\text{нагрузки}}^{t} - P_{\text{ФЭ}}^{t} \geq P^{\text{зар}} \text{ и } \text{УЗ}_{\text{ЭМ}}^{i,t} > \text{УЗ}_{min} \end{cases} \quad (1)$$

Где $O_{C\text{перекл}}^{i,t}$ и $O_{D\text{перекл}}^{i,t}$ являются коммутационными функциями i-ой ЭМ, которые представляют собой операцию зарядки и операцию разрядки, соответственно, и $P_{\text{нагрузки}}^{t}$ и $P_{\text{ФЭ}}^{t}$ базовая нагрузка и производство

фотоэлектрической энергии за интервал времени t. $P^{зар}$ является параметром интервальным и используется для определения периода зарядки или разрядки ЭМ; и $УЗ_{ЭМ}^{i,t}$ является УЗ(Уровнем Заряда) i-ого ЭМ, и $УЗ_{min}$ и $УЗ_{max}$, соответственно максимум и минимум допустимого УЗ, i-ого ЭМ. В представленном методе если разница между базовой нагрузкой и ФЭ производством энергии меньше, чем $P^{зар}$ и УЗ некого ЭМ меньше чем $УЗ_{max}$, тогда $O_{Зперекл}^{i,t}$, становится +1 (Зарядка). Если оно больше, чем $P^{зар}$ и УЗ некого ЭМ, больше чем $УЗ_{min}$, тогда $O_{Рперекл}^{i,t}$ становится +1 (Разрядка).

Источники

1. Каячков Р.А., Тен Е.Е. Цифровая трансформация как способ повышения качества услуг по передаче электроэнергии // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 12. с. 372–377.

2. M. Honarmand, A. Zakariazadeh, and S. Jadid, «Integrated scheduling of renewable generation and electric vehicles parking lot in a smart microgrid», Energy Conversion and Management, выпуск. 86, с. 745- 755, 2014.

3. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования. М.: ИД «Додэка XXI», 2008. 304 с.

4. K. Hedegaard, H. Ravn, N. Juul, and P. Meibom, "Effects of electric vehicles on power systems in Northern Europe," Energy, выпуск. 48, №. 1, с. 356-368, 2012.

5. B. S. M. Borba, A. Szklo, and R. Schaeffer, «Plug-in hybrid electric vehicles as a way to maximize the integration of variable renewable energy in power systems: The case of wind generation in northeastern Brazil,» Energy, выпуск 37, no. 1, с. 469-481, 2012.

УДК 621-313

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО ФАЗНОЙ ЗАЩИТЫ В ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Синицын Александр Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
г. Владимир, Россия
xplane2010@yandex.ru

Аннотация: В тезисе рассматривается обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии от цифровых подстанций с учетом использования микропроцессорной техники. Микропроцессорная защита в сравнении с механическими реле обеспечивает лучшую функциональность и надежность. Цифровые устройства релейной защиты совмещают в себе функции релейной защиты, измерения, регулирования и управления электроустановкой. На примере работы микропроцессорной дифференциально фазной защиты рассматривается ситуация, связанная с возникновением коротких замыканий.

Ключевые слова: микропроцессорная релейная защита, цифровые устройства, дифференциально фазная защита.

USE OF MICROPROCESSOR DIFFERENTIAL PHASE PROTECTION IN DIGITAL SUBSTATIONS

Sinitsyn Alexander Dmitrievich
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs»,
Vladimir, Russia
xplane2010@yandex.ru

Abstract: *The thesis examines ensuring the reliability of power supply and the quality of electricity from digital substations, taking into account the use of microprocessor technology. Microprocessor protection provides better functionality and reliability compared to mechanical relays. Digital relay protection devices combine the functions of relay protection, measurement, regulation and control of an electrical installation. On the example of microprocessor-based phase differential protection, the situation associated with the occurrence of short circuits is considered.*

Key words: *microprocessor relay protection, digital devices, phase differential protection.*

В электроэнергетических системах очень важна непрерывность процесса приема-передачи электрической энергии. Главной задачей является обеспечение надежности и обеспечение качества данного процесса. Для этого используется релейная защита и автоматика.

Устройства релейной защиты и автоматики обеспечивают в первую очередь селективное отключение поврежденных участков линий, элементов энергосистемы, а также автоматическую подачу напряжения на незатронутые аварией участки. На данный момент огромное количество объектов работает на советских компонентах релейной защиты и автоматики. А именно механические реле. Данный тип реле хоть давно и устарел, но является достаточно простым и надежным элементом энергосистемы. При этом на вновь строящихся объектах, а также на реконструируемых применяются уже современные элементы РЗА, а именно микропроцессорные устройства. Механические реле достаточно грубые по своим характеристикам в сравнении с микропроцессорными [1]. Благодаря данному типу РЗА обработка информации выходит на новый уровень, в следствии чего улучшаются их эксплуатационное качество [2]. Принцип действия остался абсолютно тот же, а расчеты параметров срабатывания реле претерпели некоторые изменения. В итоге, в настоящее время на подстанциях применяются не только механические реле, но и защиты, построенные на интегральных микросхемах малой и средней степени интеграции, а также защиты на построенные на микропроцессорной технике [3, 4].

На данный момент большинство производителей механических реле переходят на усовершенствование производства и выпуск микропроцессорных устройств, на которые идет большой спрос со стороны энергосетевого комплекса [5]. Смена элементной базы не несет изменений в принцип действия устройств, а только усовершенствует их, расширяя функциональность устройств и снижает цену на производство. Основными производителями микропроцессорных РЗА являются такие фирмы, как ABB, SIMENS и другие фирмы. Стоимость продукции данных фирм достаточно велика, но она оправдывается за счет качества и функциональности устройств. Современные цифровые устройства РЗА совмещают в рамках единого комплекта функции релейной защиты, измерения, регулирования и управления электроустановкой. Такие устройства в структуре автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) энергетического объекта являются оконечными устройствами сбора информации. В цифровых устройствах РЗА появляется возможность перехода к новым измерительным преобразователям тока и напряжения на основе использования оптоэлектронных датчиков, трансформаторов без ферромагнитных сердечников и так далее. Эти преобразователи более технологичны в производстве, обладают очень высокими метрологическими

характеристиками, но имеют малую выходную мощность.

Для примера рассмотрим принцип работы микропроцессорной ДФЗ (дифференциально фазной защиты), структурная схема которой приведена на рис. 1.

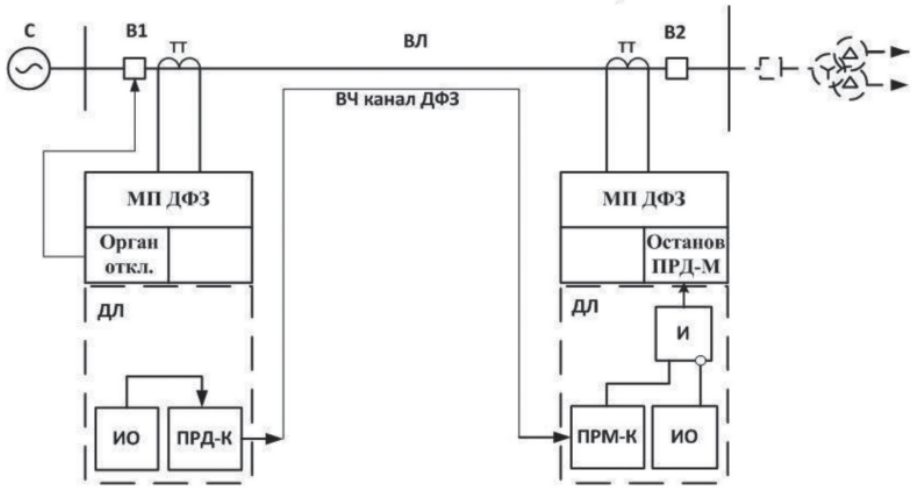


Рис. 1. Структурная схема ДФЗ

На схеме обозначено:
ДЛ – элементы дополнительной логики,
ПРМ-К – приемник команд ВЧ поста,
И – логический элемент «И»,
ПРД-М – передатчик манипулированного сигнала ДФЗ,
ИО – измерительные органы,
ПРД-К – передатчик команд ВЧ поста.

Защита имеет два комплекта, которые расположены на разных концах линии (рис. 2). Данные комплекты в нормальном режиме обмениваются сигналами, через определенный промежуток времени. При появлении КЗ в защищаемой зоне сигналы, которыми обмениваются посты начинают образовывать пропуски, так как сигналы начинают совпадать по фазе. Данный, прерывистый сигнал поступает в орган сравнения фаз. Реле, которое относится к органу сравнения фаз, срабатывает и подготавливает схему защиты к срабатыванию на отключение выключателя.

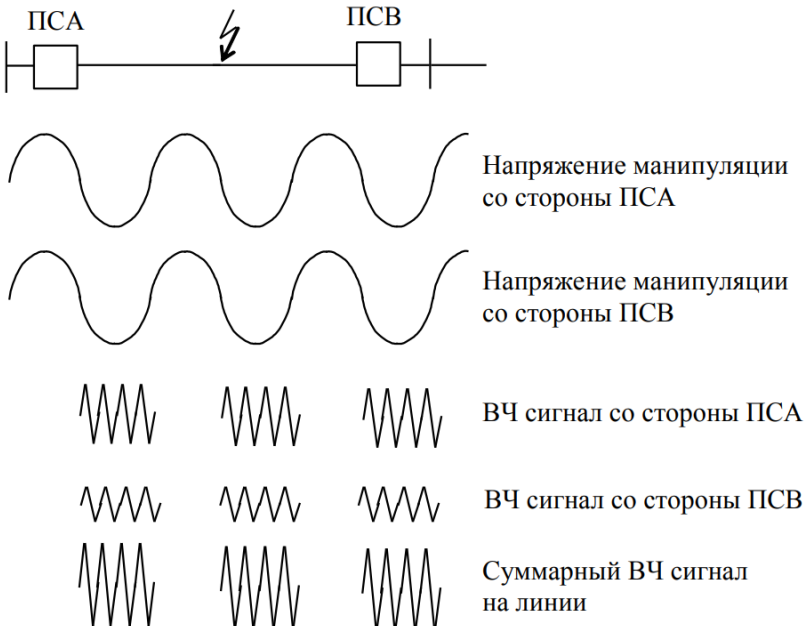


Рис. 2. Сигнала при КЗ в зоне защиты

При возникновении внешнего КЗ, защита анализирует получаемые сигналы от комплектов и не дает собраться схеме на отключение, так как сигнал является не прерывистым, это видно на схеме рис. 3.

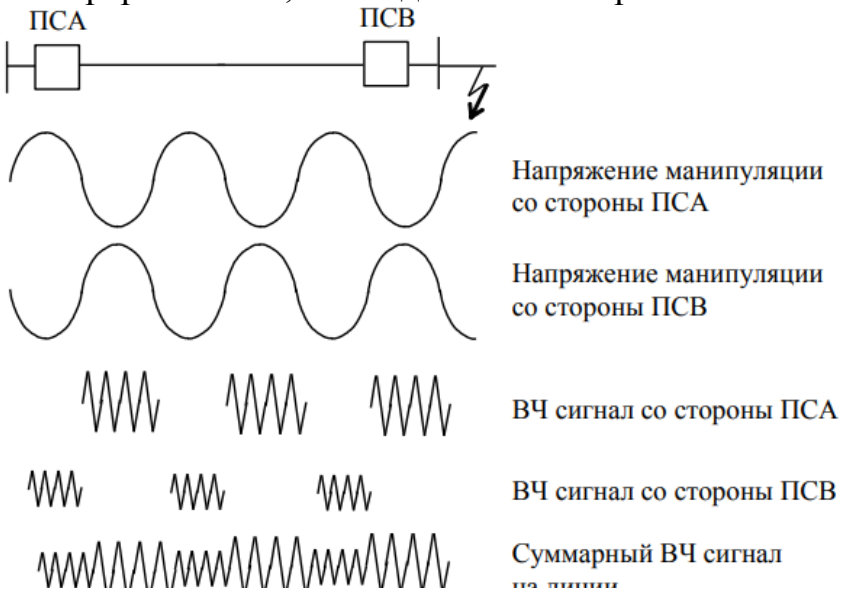


Рис. 3. Сигнала при КЗ в зоне защиты

Реконструкция и замена старых механических реле на микропроцессорные обеспечивает повышение надежности, быстродействия, селективность, чувствительность релейной защиты системы электроснабжения, имеет возможность синхронизации с АСУ ТП и окупается за счет функциональности и надежности данных устройств.

Источники

1. Агафонов А.И., Бростилова Т.Ю., Джазовский Н.Б. Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2020.

2. Захаров О.Г. Надежность цифровых устройств релейной защиты. Изд. Инфра-Инженерия, 2014.

3. Федотов В.П., Старосельников С.С., Федотова Л.А. Проектирование микропроцессорных защит элементов электрических сетей напряжением 110-220 кВ. Екатеринбург: Изд. Урал. ун-та, 2018.

4. Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Изд. Academia, 2017.

5. Федеров В.А. Библия релейной защиты и автоматики.

УДК 621.315

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИЗУАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Суханова Светлана Павловна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2],
Козлов Владимир Константинович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]sveta.sukhanova.99@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]kozlov_vk@bk.ru

Аннотация. В данной работе приведен способ определения значения кислотного числа трансформаторного масла методом спектроскопии.

Ключевые слова: трансформатор, трансформаторное масло, кислотное число, спектроскопия.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR VISUAL DETERMINATION OF THE ACID NUMBER OF TRANSFORMER OIL

Sukhanova Svetlana Pavlovna[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2],
Kozlov Vladimir Konstantinovich[3]
[1,2,3]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan,Russia
[1]sveta.sukhanova.99@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]kozlov_vk@bk.ru

Annotation. *This paper provides a method for determining the value of the acid number of transformer oil by spectroscopy.*

Key words: *transformer, transformer oil, acid number, spectroscopy.*

Изоляционное масло является неотъемлемой частью изоляции высоковольтного маслонаполненного оборудования и в процессе длительной эксплуатации подвергается процессу окисления, в результате чего его эксплуатационные свойства ухудшаются [1].

Определение многих показателей трансформаторного масла основано на химических методах, для которых необходимо специальное дорогостоящее оборудование. Опираясь на данные статистики, на несколько сотен единиц маслонаполненного оборудования приходится одна лаборатория, которая проводит исследование и химический анализ изоляционных масел [2].

Наиболее простой альтернативой химическим методам, с точки зрения проведения измерений, является метод спектроскопии. Достоинствами этого метода являются быстрота получения результата исследования, значительно меньшие по сравнению с химическими

методами исследования трудоемкость и себестоимость. При этом точность, полученная при спектральном анализе изоляционного масла, сопоставима с точностью химических методов[3-4].

Результаты опыта и их обсуждение. Для проведения данного исследования были взяты образцы трансформаторного масла марок, приведенных в таблице 1 с различным значением кислотного числа.

Таблица 1

№ пробы	Кислотное число	Ток на выходе из кюветки
Нитро 10	0	1,02532
10	0,0042	1,02532
75	0,015	1,03093
Буй 1Т	0,019	1
1	0,0217	0,93671
Буй 2Т	0,025	0,9875
73	0,032	0,9075
5	0,0372	0,89873
0	0,049	0,89114
3	0,0539	0,92152
71	0,084	0,84304
4	0,1037	0,85385
72	0,108	0,77975
74	0,113	0,79487
76	0,14	0,75949
2	0,1778	0,78481
1 после 2ой очистки		0,96078

Для исследования цветовых характеристик изоляционных масел была собрана установка, блок-схема которой приведена на рис. 1.

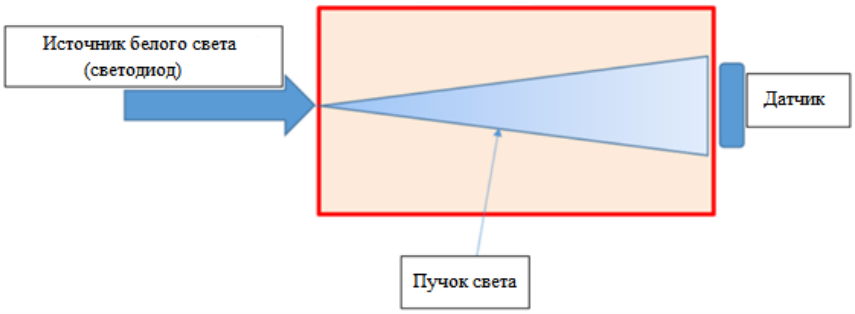


Рис. 1. Блок-схема установки для определения кислотного числа ТМ

При освещении указанных в таблице образцов масел узконаправленным белым светом (λ.≈ 400 – 800 нм), прошедшее излучение будет изменяться от светло голубого до желтого оттенка, в зависимости от значения кислотного числа просвечиваемого масла.

Ниже представлен график (рис.2) зависимости тока на фотодиоде датчика, измеряемого на выходе из кюветки от кислотного числа.

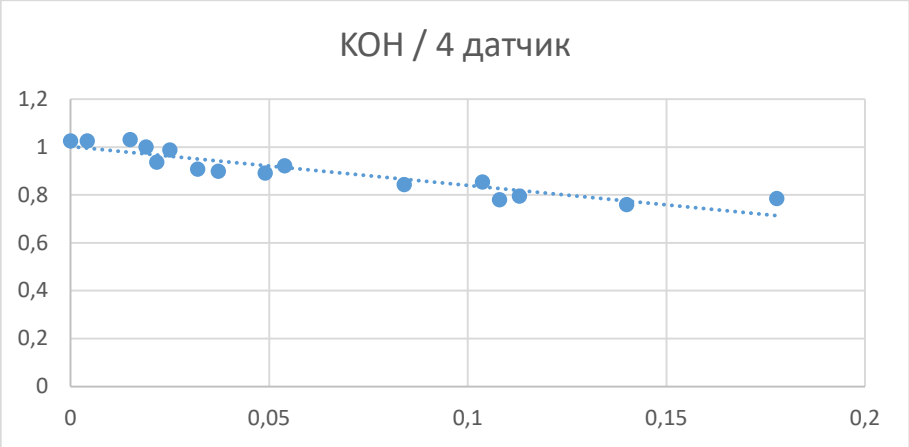


Рис 2. Зависимость кислотного числа от тока на выходе из кюветки

По графику видно, что чем больше кислотное число, тем меньше ток, тем больше свет он поглощается и меньше проходит. По этой зависимости, измеряя прошедший ток на выходе из кюветки, можно определить кислотное число неизвестного образца масла.

Из всего вышеизложенного следует, что спектральный анализ изоляционных масел в диапазоне 400 - 800 нм позволяет определять их кислотное число, знание которого необходимо для принятия решения о дальнейшей эксплуатации изоляционного масла, либо его замене[5].

Таким образом, нами предложен простой, быстрый и качественный метод анализа трансформаторных масел, который не требует дорогостоящего оборудования и на начальном этапе позволяет определить степень старения масла.

Источники

1. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour

2. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

3. Козлов В.К. Валиуллина, М.Ш. Гарифуллин. Исследование зависимости коэффициента пропускания и цвета изоляционных масел от их кислотного числа. СПб., 2003. С. 309–313.

4. Гарифуллин М.Ш. Оценка диагностической ценности показателей качества изоляционного масла для систем мониторинга состояния трансформаторов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. №5-6. С. 131–134.

5. Туранова О.А., Вандюков А.Е., Козлов В.К., Туранов А.Н. Оптика и спектроскопия. 2013. Т. 114. С. 628–631.

УДК 621.316

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ КОММУТАЦИЯХ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Тарасенко Павел Владимирович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
chigibam@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются причины перенапряжений, генерируемых вакуумными выключателями. Описаны процессы, приводящие к перенапряжениям, предложены варианты защиты коммутируемого электрооборудования.

Ключевые слова: вакуумный выключатель, высокочастотные перенапряжения, повторные зажигания, коммутация контактов.

OVERVOLTAGES AT VACUUM CIRCUIT BREAKERS SWITCHING

Tarasenko Pavel Vladimirovich
FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
chigibam@gmail.com

***Abstract**: The article discusses the causes of overvoltages generated by vacuum circuit breakers. The processes leading to overvoltages are described, options for the protection of electrical equipment are proposed.*

***Keywords**: vacuum circuit breaker, high-frequency overvoltages, multiple reignition, contact switching.*

В настоящее время в мире вакуумные коммутационные аппараты используются в более чем 80% новых сетей среднего напряжения [1]. Вакуумные выключатели обладают высокой отключающей способностью, хорошим быстродействием, небольшими габаритами, длительным сроком эксплуатации и не требуют обслуживания. Таким образом, по совокупности эксплуатационных преимуществ данные выключатели практически не имеют альтернатив и успешно вытесняют другие типы автоматических выключателей в среднем классе напряжения.

При всех своих преимуществах, вакуумные выключатели имеют существенный недостаток – высокое быстродействие и очень быстрое восстановление последуговой прочности при отключении тока индуктивно-емкостной нагрузки приводит к генерированию повышенного уровня перенапряжений. К таким перенапряжениям относятся:

1. Перенапряжения, обусловленные срезом тока. Срез тока – явление, возникающее при отключении выключателем малых индуктивных токов (например, ток холостого хода трансформатора), представляет собой резкое падение тока от некоторого значения до нуля за очень небольшое время (значительно раньше естественного нуля тока) вследствие быстрого распада канала дуги [2]. Высокая скорость спада тока и небольшое время протекания данного процесса могут приводить к значительным перенапряжениям цепи. Причина среза тока в вакуумных выключателях - неустойчивость дуги при малых токах, так как она горит в парах металла контактов [3].

2. Перенапряжения, обусловленные многократными повторными зажиганиями дуги. Данный вид перенапряжений возникает относительно редко в случаях, когда вакуумный выключатель прерывает большой индуктивный ток (например, пусковой ток не успевшего развернуться или заторможенного электродвигателя) [4]. Процесс начинается с единичного повторного зажигания. Ток в выключателе переходит через нулевое значение, после чего происходит восстановление напряжения и повторный пробой. В процессе отключения по мере увеличения межконтактного расстояния повышается прочность межконтактного промежутка, одновременно растут напряжения повторных зажиганий, амплитуда токов высокочастотных колебаний, и как следствие – перенапряжения на отключаемой индуктивности.

3. Перенапряжения, обусловленные явлением «виртуального (наведенного) среза тока». Данный вид перенапряжений может наблюдаться при отключении вакуумным выключателем трехфазных цепей с изолированной нейтралью. Суть явления заключается в следующем: при отключении тока в одной из фаз возможно прохождение высокочастотной составляющей тока двух других фаз через ноль, вакуумный выключатель при этом может обрывать эти токи. Если мгновенное значение тока в этих фазах составляет десятки или сотни ампер, в результате могут возникать серьезные коммутационные перенапряжения.

Таким образом, при использовании вакуумных выключателей необходимо обеспечить защиту коммутируемого оборудования. К мероприятиям по защите электрооборудования от коммутационных перенапряжений относятся:

применение ОПН вблизи коммутируемых двигателей или трансформаторов [5];

применение резистивно-емкостных цепочек (R-C).

Источники

1. A. Mueller, D. Saemann, Switching phenomena in medium voltage systems – good engineering practice on the application of vacuum circuit-breakers and contractors, Conference PCIC Europe, 2011 Rome, Italy.

2. Working group paper: Interruption of small inductive currents (chapter 1, 2) // Electra. - 1980. - № 72. - pp. 73-103.

3. Перенапряжения при отключении вакуумным выключателем трансформатора без нагрузки и с индуктивной нагрузкой / А.М. Рывкин, 136 И.А. Лукацкая, А.Л. Буйнов, С.М. Давыдов, В.Д. Ляшенко // Электрические станции. – 1990. – № 5. – С. 62–67.

4. Качесов, В.Е. Перенапряжения и их ограничение при отключении заторможенных электродвигателей вакуумными выключателями / В.Е. Качесов // Электричество. – 2008. – № 3. – С. 15–26.

5. Защита электрооборудования собственных нужд электростанций от перенапряжений, вызываемых вакуумными выключателями / О.А. Аношин, А.И. Барсуков, Б.К. Максимов и др.// Электричество. – 1997. – № 9. – С. 9–15.

УДК 621.31

ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ПОРТАХ

Толокнова Ольга Михайловна
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и
речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург
toloknovaom@gumrf.ru

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы эффективного электроснабжения электроприемников в морском и речном портах. Предложены некоторые пути решения повышения энергоэффективности использования электроэнергии, так же приводятся параметры, влияющие на эффективную работу электрооборудования и систему электроснабжения в целом. В статье приводится понятие объективной потребности в электроэнергии в зависимости от особенностей техники, технологии и условия использования электроустановок в порту.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроприемники в порту, объективная потребность в электроэнергии.

THE PROBLEM OF ENERGY EFFICIENCY IN SEA AND RIVER PORTS

Toloknova Olga

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,

Saint Petersburg Russia

toloknovaom@gumrf.ru

***Abstract**: The article deals with the problems of efficient power supply to power consumers in sea and river ports. Some ways of solving the increase in the energy efficiency of the use of electricity are proposed, as well as the parameters that affect the efficient operation of electrical equipment and the power supply system as a whole. The article describes the concept of an objective need for electricity, depending on the characteristics of equipment, technology and conditions for the use of electrical installations in the port.*

***Key words**: energy efficiency, power consumers in the port, objective demand for electricity.*

Вопросы рационального использования электроэнергии в промышленности, поиск методов научного обоснования оптимальных решений в электроснабжении промышленных предприятий для сокращения расходов энергетических, материальных и трудовых ресурсов всегда стояли в центре интересов исследователей промышленной

энергетики, усилиями которых был достигнут прогресс данной области знаний [1, с.40].

В рамках Указа Президента, относящегося к вопросам энергосбережения и увеличения энергетической эффективности, была разработана Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года в соответствии с приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 30 июля 2010 года № 167 «О создании рабочей группы по разработке Стратегии развития морских портов Российской Федерации». Основной целью разработки документа является формирование инновационной инфраструктуры морских портов, повышения производительности работы морских портов, использование новых технологий, т.е. меры, необходимые для повышения энергоэффективности в отрасли речного и морского транспорта [2, с.14].

Предварительно, комплекс мер, направленный на обеспечение энергетической эффективности в порту должен включать в себя решение следующих основных задач: распределять электроэнергию от источников энергии к электроприемникам с минимальными потерями и повышать эффективность электропотребления и качества электроснабжения электроприемников в порту

Для решения этих задач необходимо ввести понятие потребности в электроэнергии, которая возникает как необходимость выполнения работы на электрифицированной технологической установке (производстве). Увеличиваясь за счет потерь при преобразовании, распределении и передаче [3, с.72], а также за счет избыточности параметров электроустановок и технологического оборудования, исходная потребность превращается в конечном итоге в спрос на электроэнергию от энергосистемы. Следовательно, для более точного определения потребности в электроэнергии электроустановок, необходимо рассмотреть особенности техники, технологии и условия использования электроустановок на каждом конкретном производстве [4, с.22].

Порты, по сравнению с другими промышленными предприятиями обладают рядом особенностей как по составу электроприёмников, так и по условиям формирования систем электроснабжения: сезонность работы, стохастический транспортный процесс, особые условия функционирования электроустановок и линейное размещение основного энергоёмкого оборудования вдоль относительно узкой полосы причального фронта. Это существенное своеобразие выделяет порты в особый класс систем промышленной электроэнергетики, исследование которого представляет самостоятельную проблему.

В рамках мероприятий по повышению эффективности использования электроэнергии в портах можно выделить следующие направления:

В первую очередь это – совершенствование технологических процессов в порту (совершенствования технологии производства, создания и внедрения энергоемкого оборудования, различных машин и электрических аппаратов, перестройки структуры экономики в направлении снижения удельной энергоёмкости всего производства) [5, с.29];

Во-вторых, это разработка инновационных методик расчета объективной потребности в электроэнергии всех разнообразных потребителей, участвующих в перегрузочных процессах порта;

В-третьих, это повышение квалификации персонала, работающего на перегрузочных машинах.

Все данные мероприятия направлены на «Энергосберегающее производство», которое достигается при комплексном использовании всех мер для перегрузочного оборудования портов.

Источники

1. Киреева Э.А. Рациональное использование электроэнергии в системах промышленного электроснабжения/ Э.А. Киреева. – М.: НТФ «Энергопрогресс». 2000. 76 с.

2. Кудрин Б.И. Расчет электрических нагрузок потребителей: история, состояние, комплексный метод // Промышленная энергетика. – 2015. № 5.с.14-22.

3. Грачева Е.И., Наумов О.В., Федотов Е.А. Влияние нагрузочной способности силовых трансформаторов на их эксплуатационные характеристики. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017;19(7-8):71-77. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-7-8-71-77

4. Шошмин В.А. Энергосбережение – идеология, меры и приложения – на примере морских и речных портов/ В.А. Шошмин. СПб.: Электрика.2010. №5 с. 20-24.

5. Цой А.А. Дуальные задачи оптимизации эксплуатационной надежности электросетей в консалтинговой системе эксперт ТО РС// Вестник КГЭУ. 2017. №4 (36). с. 29-38.

УДК 621.316.722.076.12

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Уткина Вероника Николаевна[1], Галиев Ильгиз Фанзилевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*2701064216@mail.ru*

Аннотация: Загрузка генераторов реактивными токами приводит к увеличению расхода топлива, а также увеличению потерь в подводящих сетях и приемниках. Таким образом, реактивная мощность и энергия снижают качество работы энергосистемы. В статье рассмотрено решение вопроса энергосбережения – способ компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: Энергосистема, реактивная мощность, компенсация реактивной мощности, электрические сети, энергосбережение, коэффициент мощности.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER IN ELECTRIC NETWORKS

Veronika Nikolaevna Utkina[1], Ilgiz Fanzilevich Galiev[2]
[1,2] SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1.2]*2701064216 @ mail.ru*

***Abstract**: Loading generators with reactive currents leads to an increase in fuel consumption, as well as an increase in losses in supply networks and receivers. Thus, reactive power and energy degrade the performance of the power system. The article discusses the solution to the issue of energy saving - a way to compensate for reactive power.*

***Key words**: Power system, reactive power, reactive power compensation, electrical networks, energy saving, power factor.*

Связанная с реактивным током повышенная нагрузка линий электропередач требует применения проводов и кабелей более крупного сечения и, следовательно, увеличенных капиталовложений в строительство и содержание, как внешних, так и внутриплощадочных сетей. Таким образом, немаловажным фактором решения вопросов энергосбережения практически на каждом предприятии является компенсация реактивной мощности. Как оценивают ведущие отечественные и зарубежные специалисты, доля затрат на энергоресурсы в стоимости готовой продукции составляет 30-40 %, что является немаловажным аргументом для проведения аудита и анализа энергопотребления оборудования предприятия и в дальнейшем выработке мер по уменьшению энергозатрат.

Ключом к решению проблемы энергосбережения является компенсация реактивной мощности.

Необходимость применения компенсации реактивной мощности как реальной эффективной технологии энергосбережения сегодня не вызывает сомнений ни у потребителей электроэнергии, ни у энергетиков. Целью работы является исследование влияния важнейших показателей качества электроэнергии и эффективной работы электрооборудования: коэффициента мощности нагрузки и отклонения напряжения от допустимого значения.

На основе подключения компенсирующих устройств в узлах реактивной нагрузки системы электроснабжения рассмотрен эффективный и достаточно малозатратный метод увеличения коэффициента мощности нагрузки. Как показывают расчеты, коэффициент мощности, необходимый для эффективной работы электрооборудования, должен поддерживаться в пределах 0,85-0,95. В реальных же схемах электроснабжения предприятий коэффициент мощности в основном варьируется от 0,1 до 0,6. Допустимое отклонение напряжения при этом равно ±5 и ±10 % от номинального значения и соответствует стандарту.

Источники

1. Электротехнический справочник. Т.1; под общ. ред. П.Г. Грудинского и др. Изд. 5-е, испр. М.: Энергия, 1994.

2. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1997. 336 с.

3. Юшков А. Конденсаторы Electronicon для компенсации реактивной мощности // Компоненты и технологии. 2006. № 3.

4. Шеховцев В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. 2-е изд., испр. М.: ФОРУМ: ИНФРА М.,2007. 214 с., ил. (Профессиональное образование).

5. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения. М.: ЗАО «Энергосервис», 2017. 600 с.

УДК 621-315.615.22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ВИЗУАЛЬНЫМ СПОСОБОМ

Фаррахова Алия Марселевна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна [2],
Козлов Владимир Константинович [3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]aliya_farrakhova@vk.com, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]kozlov_vk@bk.ru

Аннотация: В статье предложен визуальный способ определения параметров качества трансформаторного масла. Трансформаторное масло при старении терпит глубокие изменения, то есть изменения химических и электрофизических показателей, они же показывают исправность трансформаторного масла. Мы хотим разработать совершенно новый способ определения ароматических соединений и коллоидных частиц. Этот способ облегчает анализ качества трансформаторного масла, сокращает время исследования, снижает стоимость.

Ключевые слова: изоляционное масло, визуальный способ, парафиновые соединения, кислотное число.

DETERMINATION OF TRANSFORMER OIL QUALITY PARAMETERS BY VISUAL METHOD

Farrakhova Aliya Marselevna [1], Valiullina Diliya Mansurovna [2],
Kozlov Vladimir Konstantinovich [3]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]aliya_farrakhova@vk.com, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]kozlov_vk@bk.ru

Abstract: *The article proposes a visual method for determining the quality parameters of transformer oil. Transformer oil undergoes profound changes during aging, that is, changes in chemical and electrophysical parameters, they also show the serviceability of transformer oil. We want to develop a completely new way to determine aromatic compounds and colloidal particles. This method facilitates the analysis of the quality of transformer oil, reduces the time of research, reduces the cost.*

Keywords: *insulating oil, visual method, paraffin compounds, acid number.*

Процесс старения ТМ демонстрирует большое влияние на сроки и условия использования маслонаполненного оборудования в энергосистемах [3]. Окислительный механизм происхождения продуктов окисления, перекисей, происхождения твёрдых частиц - механизм старения ТМ.

Главными параметрами, которые характеризуют степень старения ТМ являются кислотное число (КОН) ТМ и tgδ [2]. Tgδ при частоте 50 Гц, как показано в [3] и многих других последующих работах, обусловлен только электрофоретической проводимостью коллоидных частиц и микроэмульсий.

Осадкообразования определяется ароматическими соединениями. Достигнув концентрации, арены группируются и выпадают в осадок.

КОН ТМ определяется окисленными молекулами и коллоидными частицами, состоящими из окисленных структур. Tgδ обусловлен электрофоретической проводимостью, как коллоидных частиц, которые включают окисленные молекулы, так и частиц, которые состоят только из ароматических неокисленных молекул [1].

При превышении КОН ТМ 0,1 мг КОН/г, вследствии коагуляции, образовываются крупные частицы, что приводит к снижению электрической прочности ТМ [4]. С учетом процентного соотношения парафинов, нафтенов, ароматики, способности их к окислению, можно сказать, что коллоидные частицы состоят в основном из окисленных молекул парафинов и нафтенов. Эти соединения и частицы, состоящие из них, не поглощают излучение в видимой области спектра и с точки зрения рассеяния света, удовлетворяют условию Рэлея и будут рассеивать свет в видимой области спектра при соблюдении требований к размерам этих частиц. Частицы, состоящие из ароматических молекул, поглощают видимое излучение и чем более старое ТМ, тем в более широкой области спектра происходит поглощение света этими частицами. Частицы 2-го типа не удовлетворяют условиям Рэлея, и не принимают участия в рассеянии света, ибо поглощают свет. При рассмотрении ТМ при облучении белым светом, в рассеянном свете будет наблюдаться рассеянное излучение на частицах 1-го типа, интенсивность и цвет которого будут подчиняться закону Рэлея. Этот эффект будет полностью коррелировать с КОН и меняться при изменении КОН в процессе старения ТМ. Частицы 2-го типа будут влиять на люминесценцию, которая отсутствует у молекул входящих в состав частиц 1-го типа. Интенсивность и цвет люминесценции будут коррелировать с tgδ. Интегральная интенсивность будет увеличиваться с ростом tg δ, а цвет люминесценции будет смещаться от синей области в сторону красной области спектра с ростом tg δ.

При облучении ТМ излучением светодиода равным 395нм нет рассеянного излучения – это люминесценция.

С увеличением tgδ масла размер пятна люминесценции уменьшается за счет полного поглощения возбуждающего излучения в более тонком слое

при увеличении концентрации люминесцирующих молекул [5]. Цвет меняется от синего, через сине-зеленый к зеленому.

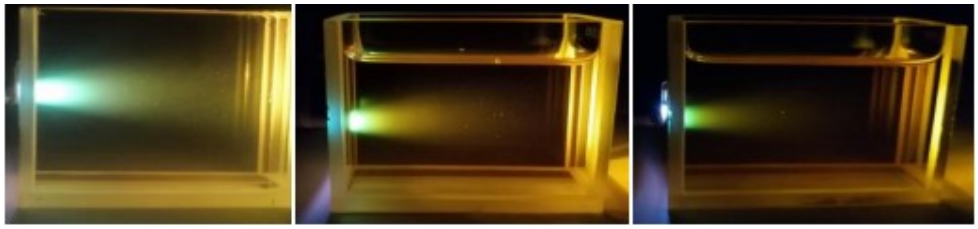
Люминесценцию более длинных, образующихся при старении, можно наблюдать если увеличить длину волны возбуждающего излучения.

При возбуждении зеленым лазером с=550 нм наблюдается желтая люминесценция, интенсивность которой возрастает с ростом tg δ ТМ.

Люминесценцию, рассеянное излучение можно наблюдать при освещении ТМ излучением светодиода белого цвета с накачкой на λ=450 нм.

С ростом tg δ в начале луча видно пятно люминесценции, параметры которого меняются, как описано выше с ростом tg δ.

На рисунках ниже можно наблюдать рассеянное излучение, интенсивность излучения возрастает при увеличении КОН, а с ростом КОН меняется цвет рассеянного излучения, что свидетельствует о повышении концентрации рассеивающих частиц и их размеров, с ростом КОН ТМ.



tgδ=1,84 и КОН=0,035; tgδ=4,73 и КОН=0,089; tgδ=8,5 и КОН =0,053;

Таким образом, приведенные результаты позволяют сделать утверждение, что такие параметры как КОН ТМ так и тангенс угла диэлектрических потерь, могут определяться простым визуальным способом, по рассеянному излучению от ТМ при освещении его белым светом.

Источники

1. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш. Особенности оптических хар-к ТМ различных марок // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2015. №11-12.(17).

2. Валиуллина Д.М. Определение хар-к ТМ спектральным методом // Вестник КГЭУ. 2021. №1.(69).

3. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло. М.: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.

4. Суханов А.А. Гнездилов О.И., Туранова О.А., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. ЭПР и ЯМР ТМ ГК / А.А. Суханов,. 2013. С. 47-51.

5. Валиуллина Д.М., Гиниатуллин Р.А., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Определение марки ТМ визуальным методом 2020. С. 44-47.

УДК 621.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖКХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PSCAD/EMTDC

Ференец Анна Андреевна,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г. Казань, Россия
a.a.ferenets@icloud.com

Аннотация: В статье предложена модель участка сети системы электроснабжения ЖКХ, созданная и проанализированная в программном комплексе PSCAD/EMTDC. Рассмотрен режим работы при коротком замыкании. Выявлены и зафиксированы проблемные места сети и особенности подбора параметров электрических устройств системы электроснабжения.

Ключевые слова: система электроснабжения ЖКХ, моделирование, энергоэффективность.

SIMULATION OF POWER SUPPLY SYSTEMS OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN PSCAD/EMTDC SOFTWARE

Ferenets Anna Andreevna,
FSBEI HE «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», Kazan, Russia
a.a.ferenets@icloud.com

Abstract: *The article proposes a model of the network section of the power supply system of housing and communal services, created and analyzed in the software package PSCAD/EMTDC. The short-circuit operating mode is considered. The network problem places and peculiarities of electric devices parameters selection of the power supply system are revealed and fixed.*

Keywords: *power supply system of housing and communal services, modeling, energy efficiency.*

С ростом и развитием городов, городской инфраструктуры растет сложность систем электроснабжения. Для уменьшения потерь электроэнергии и сокращения перепадов напряжения все чаще вводят в эксплуатацию источники распределенной генерации. При этом требуется гибкая схема защиты такой системы, которая будет изменяться в зависимости от новой конфигурации. Обеспечения эффективного функционирования систем электроснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) возможно благодаря корректному моделированию таких систем.

Одним из самых точных и понятных инструментов моделирования энергосистем является программный комплекс PSCAD/EMTDC. Программное обеспечение позволяет проектировать, анализировать, оптимизировать электрические сети и системы, проверять силовые электронные элементы управления, исследовать переходные процессы в энергосистемах, включая короткие замыкания, выводить и управлять данными в интегрированном графическом интерфейсе

В качестве примера представим моделирование участка сети с односторонним питанием напряжением 10 кВ (рис. 1).

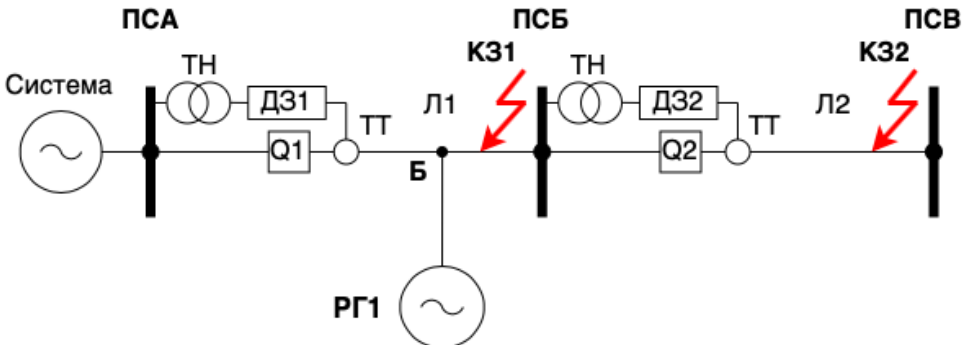


Рис. 1. Общая схема участка сети

Схема включает в себя систему, от которой питаются три подстанции (ПС А, ПС Б и ПС В), на которых установлены устройства дистанционной релейной защиты, и источник распределённой генерации (РГ1), который подключается к схеме в середине линии Л1.

В программном комплексе PSCAD/EMTDC была рассмотрена работа дистанционной защиты при коротком замыкании на 80 % длины линии Л1. При этом установлены уставки защиты, которые рассчитаны без учета источника распределенной генерации.

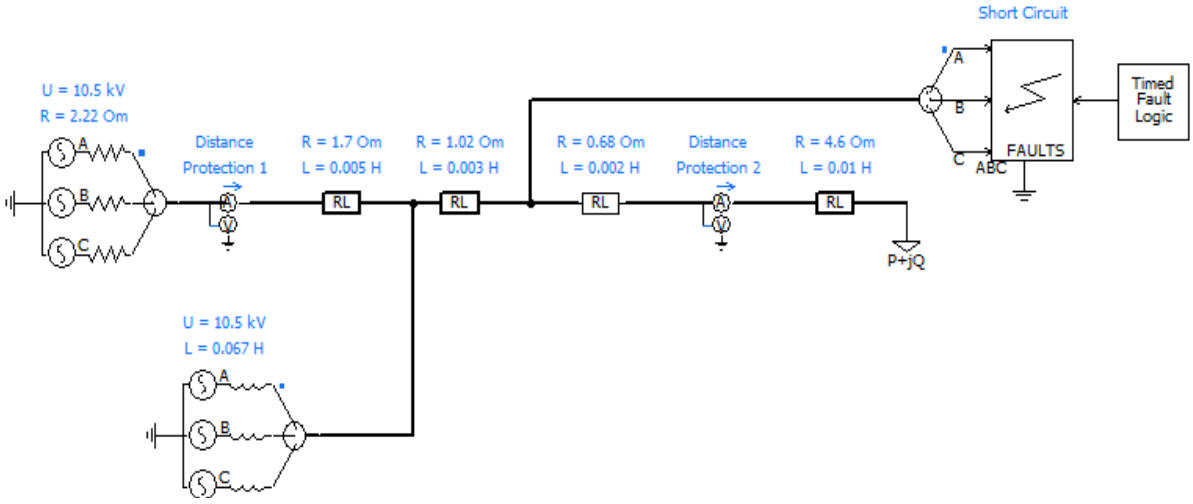


Рис. 2. Модель участка сети в программном комплексе PSCAD/EMTDC

Данная модель включает в себя дистанционную релейную защиту, которая состоит из следующих элементов: блоки выделения амплитудного значения и фазы входных величин, блоки формирования последовательностей, расчётные блоки, блок формирования условий срабатывания. Благодаря всем перечисленным выше элементам были построены круговые характеристики сопротивлений срабатывания защиты при коротком замыкании.

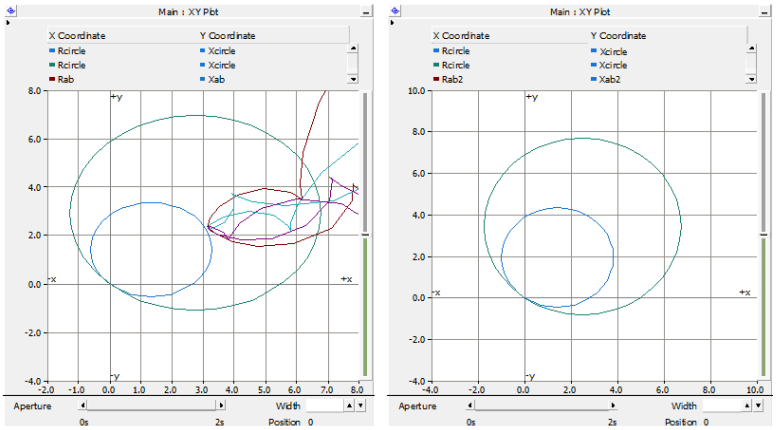


Рис. 3. Характеристики срабатывания реле сопротивления дистанционной защиты, уставки без учета РГ (слева – ДЗ1, справа – ДЗ2)

Слева представлена круговая характеристика первой (голубой круг) и второй (зеленый круг) ступеней дистанционной защиты ДЗ1, а справа аналогично – дистанционная защита ДЗ2. Кривые других цветов (красного, розового, светло-бирюзового) – это изменения сопротивлений фаз соответствующей дистанционной защиты.

При нормальной работе защиты должна сработать первая ступень защиты ДЗ1, так как она должна защищать 85 % длины линии, но мы видим по рис. 3, что работает вторая ступень защиты ДЗ1.

Теперь изменим уставки на значения, рассчитанные с учетом источника распределенной генерации.

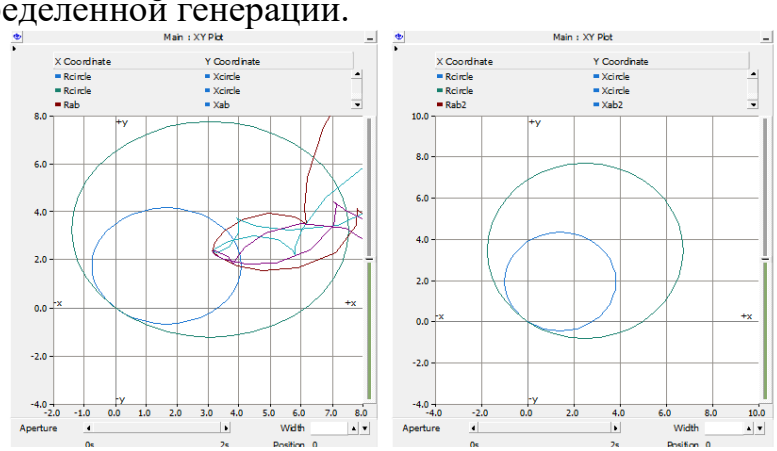


Рис. 4. Характеристики срабатывания реле сопротивления дистанционной защиты, уставки с учетом РГ (слева – ДЗ1, справа – ДЗ2)

В этом же случае защита работает верно – срабатывает первая ступень защиты ДЗ1 (рис. 4).

Моделирование системы электроснабжения в программном комплексе PSCAD/EMTDC позволяет выявить проблемные места и рассмотреть разные режимы работы системы, оптимизировать систему и отладить параметры электрических устройств, что в конечном итоге помогает повысить надежность и эффективность систем электроснабжения жилищно-коммунального хозяйства и избежать лишних затрат, связанных с исправлением неправильного проектирования системы.

Источники

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения / М.: Высшая школа. 2008. 639 с.

2. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 11. Расчёты токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики в сетях 110-750 кВ. М.: Энергия, 1979. 152 с.

3. Стенников В.А., Воропай Н.И. Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция / В.А. Стенников, Н.И. Воропай. Текст: электронный [сайт]. URL: http://energystrategy.ru/projects/Energy_21/4-2.pdf

4. Услуги содержания внутридомовых систем электроснабжения многоквартирных домов. Национальный стандарт Российской Федерации: ГОСТ Р 56536-2015. ОКС 03.080.30: Дата введения 2016-04-01.

5. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 3 / Производство и распределение электрической энергии / под общ.ред.профессоров МЭИ. М.: Изд-во МЭИ, 2004 – 964 с.

УДК 621.313

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Червяков Денис Юрьевич[1], Сошинов Анатолий Григорьевич[2]
[1,2]«Камышинский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Камышин, Россия
[1]DY25092004@mail.ru, [2]epp@kti.ru

Аннотация: В статье идёт речь о роли комбинированных накопителей энергии в структуре автономных гибридных энергетических установок (АГЭУ) малой мощности на возобновляемых источниках энергии. В этой структуре накопители энергии являются важным промежуточным звеном между системами генерирования и системами распределения и потребления энергии. Комбинированные накопители энергии с использованием современных аккумуляторов и суперконденсаторов повышают энергоэффективность и надёжность АГЭУ.

Ключевые слова: комбинированные накопители энергии, автономные гибридные энергетические установки, аккумуляторы, суперконденсаторы.

PROSPECTS FOR THE USE OF COMBINED ENERGY STORAGE IN AUTONOMOUS HYBRID POWER PLANTS WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES

Chervyakov Denis Yuryevich[1], Soshinov Anatoly Grigoryevich [2]
[1,2]«Kamyshin Technological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University»,
Kamyshin, Russia
[1]DY25092004@mail.ru, [2]epp@kti.ru

Abstract: *The article deals with the role of combined energy storage in the structure of autonomous hybrid power plants (AHPP) of low power on renewable energy sources. In this structure, energy storage is an important intermediate link between generation systems and energy distribution and consumption systems. Combined energy storage with the use of modern batteries and supercapacitors increase the energy efficiency and reliability of AHPP.*

Keywords: *combined energy storage, autonomous hybrid power plants, batteries, supercapacitors*

Одной из наиболее востребованных и активно развивающихся технологий производства электрической энергии в настоящее время являются автономные гибридные энергетические установки с возобновляемыми источниками энергии [1, С.99-120], [2, С.231-241].

Главной областью практического применения АГЭУ является электроснабжение потребителей, территориально расположенных в труднодоступных районах, удаленных от центральной электрической сети [3, С.64-76]. В общем случае в составе АГЭУ могут использоваться генерирующие источники различной физической природы, однако наибольшее распространение получили АГЭУ на основе фотоэлектрических и ветроэнергетических установок [4, С.127-138].

Одним из важнейших элементов АГЭУ на ВИЭ является накопитель энергии. Применение накопителей в энергетических системах, содержащих ВИЭ, позволяет: выравнивать переменные графики работы, снижать колебания мощности, обеспечивать требуемое количество энергии и бесперебойное электроснабжение потребителей [5, С.80-82], [6]. Накопители электрической энергии можно условно разделить на три группы: механические, химические и электрические. К ним относятся следующие основные типы накопителей энергии [7, С.90-99]: гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), накопители энергии на сжатом воздухе (НЭСВ), роторные накопители (маховики), электрохимические аккумуляторы (Lead-Acid, Li-ion, NiCd и т.д.), проточные электрохимические аккумуляторы (топливные элементы), ёмкостные накопители (конденсаторы и суперконденсаторы), сверхпроводниковые магнитные накопители (магнитные аккумуляторы SMES).

Анализ режимов работы накопителей энергии продемонстрировал, что для реализации функций сглаживания суточных пиков избытка и дефицита мощности можно использовать свинцово-кислотные аккумуляторные батареи глубокого разряда [8, С.55-67]. В последнее время наиболее популярным и становятся литий – ионные (Li-Ion) аккумуляторы, но при неправильном заряде и эксплуатации аккумуляторы могут воспламеняться и даже взрываться [9, С.20-24]. Использование литий – фосфата железа (LiFePO4) в качестве катодного материала, делает литий – ионные аккумуляторы (ЛИА) безопасными, высоко энергоэффективными и экологичными. Тем не менее, многие разработчики считают, что будущее за графеновыми аккумуляторами. По устройству графеновые аккумуляторы напоминают ЛИА, но вместо графитового слоя внедрен графеновый слой [10].

Не смотря на это, применение аккумуляторных батарей (АКБ) в качестве накопителей электроэнергии (НЭЭ) для систем электроснабжения на основе ВИЭ имеет ряд существенных недостатков. Например, режим работы АКБ при скачкообразном изменение тока зарядки/разрядки, который вызван периодическими колебаниями генерируемой мощности ВИЭ,

является не оптимальным и ведет к значительному уменьшению срока службы АКБ [11].

Поэтому базовой технологией накопителей энергии являются комбинированные системы накопления энергии на основе долговременных накопительных систем – аккумуляторов и кратковременных накопительных систем – батарей суперконденсаторов, позволяющие повысить управляемость, надежность и экономичность функционирования энергосистемы, в том числе при наличии в ее составе децентрализованных и нетрадиционных источников электроэнергии [12, С.41-51].

Суперконденсаторы – это устройства, накопление электрической энергии в которых происходит благодаря заряду двойного электрического слоя (ДЭС). ДЭС можно рассматривать как конденсатор с двумя обкладками, емкость которого пропорциональна площади обкладок и обратно пропорциональна расстоянию между ними [13]. Сравнительный анализ НЭЭ показывает, что суперконденсаторы занимают промежуточное положение между химическими источниками электрической энергии и обычными конденсаторами [14, С.120-124] .

Исследователями [10, С.55-67] установлено, что комбинированный накопитель энергии, имеющий характеристики аккумулятора в режимах приема и выдачи мощности на суточных временных интервалах и обладающий свойствами суперконденсатора в режимах приема и отдачи импульсов мощности на секундных отрезках времени наилучшим образом соответствует требованиям автономных энергетических комплексов с возобновляемыми источниками энергии. Таким образом применение комбинированных накопителей энергии в АГЭС с ВИЭ позволяет добиться следующих положительных результатов: повышение надежности и энергетической эффективности электростанции, снижение эксплуатационных затрат и уменьшение себестоимости генерируемой электроэнергии.

Источники

1. Chauhan A.A review on Integrated Renewable Energy System based power generation for stand-alone applications: Configurations, storage options, sizing methodologies and control / A. Chauhan, R.P. Saini // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 38. P. 99–120. DOI: 10.1016/j.rser.2014.05.079.

2. Stand-alone hybrid energy systems for remote area power generation / A. Razmjoo, R. Shirmohammadi, A. Davarpanah et al. // Energy Reports. 2019. Vol. 5. P. 231–241. DOI: 10.1016/j.egyr.2019.01.010.

3. Обухов С.Г., Ибрагим А. Оптимизация состава оборудования гибридных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2020. Т. 20, № 2. С. 64–76. DOI: 10.14529/power200206.

4. Badwawi R., Abusara M., Mallick T. A Review of Hybrid Solar PV and Wind Energy System. Smart Science, 2015, vol. 3, no. 3, pp. 127–138. DOI: 10.6493/SmartSci.2015.324.

5. Бардакова К.А., Айсина Т.Х., Сошинов А.Г. Использование накопителей энергии в комбинированных энергетических установках на возобновляемых источниках энергии //Вопросы электротехнологии. 2020. №4. 80-82.

6. Применение накопителей энергии. [Электронный ресурс] // URL: https://mig-energo.ru/kineticheskie-nakopiteli-energii/primenenie-nakopitelej-energii/ (дата обращения: 20.09.2021).

7. Шутенкова О.С. Современные накопители электроэнергии // XIV Международная молодёжная научная конференция «Тинчуринские чтения»: материалы конф. в 3 т. Т. 1. Электроэнергетика и электроника (ч. 2) / ФГБОУ ВО «Казанский гос. энергетический ун-т». Казань, 2019. С. 90-99.

8. Обухов С.Г., Плотников И.А., Масолов В.Г. Анализ режимов работы накопителей энергии в автономных гибридных электростанциях с возобновляемыми источниками энергии // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2018;(13-15):55-67. https://doi.org/10.15518/isjaee.2018.13-15.055-067

9. Васильев А. Накопители энергии для эффективной работы энергосистемы // Электротехнический рынок. 2019. №3. С. 20 - 24.

10. Макаренко Н. Графеновый аккумулятор. Прорыв в создании устройств хранения энергии // Наука и техника 18 января 2020. [Электронный ресурс] // URL: Источник контента: https://naukatehnika.com/grafenovyj-akkumulyator-perevorot-v-mire-texnologij.html (дата обращения: 08.04.2020).

11. R.A. Dougal Power and life extension of Battery-Ultracapacitor hybrids // IEEE transaction on components and packaging technologies vol. 25. 2002. №1.

12. Бердников Р.Н., Фортов В.Е., Деньщиков К.К., Жук А.З., Шакарян Ю.Г. Гибридный накопитель энергии для ЕНЭС на базе аккумуляторов и суперконденсаторов//Энергия Единой сети. 2013. №2 (7). С. 41-51.

13. Кузнецов В., Панькина О., Мачковская Н. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производство // Компоненты и технологии. 2005. №6

14. Марьенков С.А. Гибридный накопитель электрической энергии для сетей с распределённой генерацией на основе возобновляемых источников электрической энергии//Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 02(56). Часть 3. С.120 – 124.

УДК 621.315.615.2

СНИЖЕНИЕ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПУТЕМ ЕГО РЕГЕНЕРАЦИИ

Шарипова Айгуль Ринатовна[1], Воркунов Олег Владимирович[2],
Платонова Анжелика Александрова[3], Суханова Светлана Павловна[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru,[3]platonovaanje@yandex.ru,
[4]sveta.sukhanova.99@mail.ru

Аннотация: В данной работе приведен способ снижения кислотного числа отработанного масла до приемлемых для использования значений при помощи мобильной регенерационной установки типа СММ-Р.

Ключевые слова: трансформатор, трансформаторное масло, кислотное число, регенерация масла.

REDUCING THE ACID NUMBER OF TRANSFORMER OIL BY ITS REGENERATION

Sharipova Aigul Rinatovna[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2],
Platonova Angelika Alexandrova[3], Sukhanova Svetlana Pavlovna[4]
[1,2,3,4]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru,[3]platonovaanje@yandex.ru,
[4]sveta.sukhanova.99@mail.ru

Annotation: *This paper describes a method for reducing the acid number of waste oil to values acceptable for use using a mobile regeneration unit of the SMM-R type.*

Key words*: transformer, transformer oil, acid number, oil regeneration.*

Трансформаторные масла применяются в электроэнергетике в качестве изолирующей среды в силовых и измерительных трансформаторах, выключателях и других высоковольтных аппаратах. В настоящее время на современных электростанциях и подстанциях применяют и эксплуатируют достаточное количество маслонаполненного оборудования. Поэтому замена изоляционного масла сопровождается большими материальными затратами, ведь всякая замена масла может быть произведена только при условии отключения аппарата от сети на необходимый для этого промежуток времени[5].

В процессе длительного использования и под воздействием неблагоприятных факторов, масло, залитое в системы смазывания и охлаждения трансформатора, претерпевает глубокие изменения, возникает так называемое «старение масла». Вследствие старения, в масле образуются твердые, нерастворимые продукты, которые могут скапливаться на поверхности внутренних элементов трансформатора, нарушая теплообмен и электрическую прочность изоляции, что приводит к повреждению агрегата и ухудшению его эксплуатационных свойств.Тремя основными причинами снижения качественных характеристик масла можно назвать загрязнение механическими примесями, окисление (увеличение кислотного числа) и обводнение масла, которые в большинстве случаев тесно взаимосвязаны и влияют друг на друга [6].

В связи с этим поиск методов восстановления рабочих свойств трансформаторных масел, их регенерации по завершению срока службы является весьма актуальным. Выбор метода регенерации зависит от качества масла, идущего на восстановление, характера и продуктов его старения.

Основным показателем степени износа изолирующей жидкости служит повышение его кислотного числа. Кислотное число – свойство, отвечающее за линейное распределение концентрации кислотных компонентов, которые присутствуют в трансформаторном масле. Оно определяет количество едкого калия в миллиграммах, которое требуется для нейтрализации всех свободных кислот в масле. Определение кислотного числа изолирующего масла позволяет, как оценить, можно ли заливать масло в трансформатор, так и спрогнозировать его характеристики.

Наиболее действенным методом снижения значения кислотного числа трансформаторного масла является адсорбционная (перколяционная, контактная, противоточная) регенерация. В данной работе была исследована адсорбционная регенерация контактным способом, где в качестве сорбента используется Фуллерова земля[1,2].

Подход к регенерации трансформаторного масла, реализованный в масляной мобильной станции типа СММ-Р, предусматривает сразу несколько элементов для очистки масла. Во-первых, уникальность данных установок заключается в том, что очищать масло можно прямо в трансформаторе, при этом необязательно выводить его в ремонт, т.е регенерация проводится как во включенном состоянии, так и в отключенном. Регенерация масла непосредственно баке трансформатора дает возможность растворить твердый осадок с изоляции обмоток и удалить его при помощи сорбента. Этот осадок опасен тем, что он

концентрируясь в целлюлозной изоляции, накапливает в себе кислотность и может иметь кислотное число в десятки раз выше чем в самом масле[4].

Во-вторых, создаются условия для циркуляции трансформаторного масла по замкнутому контуру установки СММ-Р. Данный момент имеет большое значение. При простой замене отработанного изолирующего масла, даже в случае качественной регенерации, его часть (около 10-15%) все равно останется в изоляции трансформатора. Благодаря циркуляции по замкнутому контуру происходит вымывание остатков отработавшего продукта из изоляции. Таким образом, масло очищается в полном объеме.

Данное оборудование позволяет снизить значение кислотного числа трансформаторного масла до нормируемых значений. Произведенная регенерация и очистка масла на месте дает следующие результаты:

- уменьшение кислотного числа меньше чем 0,02 мгм КОН/гр масла;
- грязи растворились или стали как суспензия в масле также как и осадочные грязи и удалены в процессе регенерации;
- стабильность окисления масла восстановилась, как у нового масла;
- цвет масла восстановился и стал светло желтым[3].

Источники

1. Способ контроля технического состояния высоковольтного маслонаполненного электроэнергетического оборудования // Пат. 2461812 РФ, МПК G01N 21/27. / Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш. Заявл. 26.04.2011; опубл. 20.09.2012. Бюл. № 26.

2. Menkiti, M.C. Chemically improved Terminalia catcppa L. oil: A possible renewable substitute for conventional mineral transformer oil [Text] / M.C. Menkiti, C.M. Agu, P.M. Ejikeme, O.E. Onyelucheya // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2017. – Vol. 5. – Is.1. – P. 1107 – 1118. – (DOI: doi.org / 10.1016 / j.jecce.2017.01.037).

3. Гарифуллин М.Ш. Оценка диагностической ценности показателей качества изоляционного масла для систем мониторинга состояния трансформаторов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. №5-6. С. 131–134.

4. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» https://www.energyret.ru/jour

5. «Вестник КГЭУ» https://vkgeu.ru/

УДК 621.314.224

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР ТОКА

Шарипова Айгуль Ринатовна[1], Воркунов Олег Владимирович[2],
Платонова Анжелика Александрова[3], Суханова Светлана Павловна[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru,[3]platonovaanje@yandex.ru,
[4]sveta.sukhanova.99@mail.ru

Аннотация: Наша страна является одной из передовых в области электроэнергетики. По всей стране можно наблюдать различные трансформаторные будки, внутри которых находятся трансформаторы разных габаритов, напряжений и количества обмоток. Многие трансформаторы устарели морально и физически: сбои некоторых происходят очень часто, требуются постоянно уход,профилактические ремонтные работы, замена тех или иных комплектующих.Стоит отметить, что данные факты износа изделий побуждают различные энергетические компании модернизировать старые трансформаторные установки, придумывать, проектировать новые изделия, отвечающие современным требованиям электротехнических задач. Одно из интереснейших трансформаторных устройств- волоконно-оптические трансформаторы тока.

Ключевые слова: измерительный трансформатор тока, закон Фарадея, фазовый сдвиг, оптоволоконный кабель.

FIBER-OPTIC CURRENT TRANSFORMER

Sharipova Aigul Rinatovna[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2], Platonova Angelika Alexandrova [3], Sukhanova Svetlana Pavlovna[4]
[1,2,3,4]FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru,[3]platonovaanje@yandex.ru,
[4]sveta.sukhanova.99@mail.ru

Annotation: *Our country is one of the most advanced in the field of electric power. Throughout the country, you can observe various transformer booths, inside which there are transformers of different sizes, voltages and number of windings. Many transformers are outdated mentally and physically: failures of some occur very often, maintenance, preventive maintenance, replacement of certain components are constantly required. It is worth noting that these facts of product wear encourage various energy companies to modernize old transformer installations, invent, design new products that meet modern requirements of electrical tasks. One of the most interesting transformer devices is fiber-optic current transformers.*

Key words*: measuring current transformer, Faraday's law, phase shift, fiber optic cable.*

Измерительный трансформатор тока – это аппарат, который предназначен для подключения токовых измерительных приборов, устройств защиты и автоматики.

Ключевой особенностью ВОТТ является то, что исходная информация об измеренном токе, представлена в цифровом виде, что позволяет без лишних преобразований снимать, подвергать обработке, хранить и передавать информационные сигналы на любые расстояния в настоящем времени. Волоконно-оптический трансформатор тока может быть использован для подключения к системе SmartGrid, к измерительным датчикам РЗА и счетчикам учёта электроэнергии.

Работа волоконно-оптического трансформатора тока основана на законе Фарадея.

Производимый магнитным полем измеряемого тока фазовый сдвиг между световыми волнами, переходит из измерительного (чувствительного) элемента по оптическому кабелю в электронно-оптический блок обработки. Электронно-оптический блок делает измерения фазового набега, то есть изменяет его в величину тока, и высылает измеренное мгновенное значение тока на выходные интерфейсы волоконно-оптического трансформатора тока.

Гибкая петля представляет из себя волоконно-оптический кабель, внутри которого находится магнито-чувствительное волокно. Гибкая петля применяется в электроэнергетических линиях на низкое напряжение, меньше 10 кВ и на токи более 2кА. При использовании данного чувствительного элемента нет необходимости в разрыве электрической линии. Вокруг токовой шины обматывают кабель с чувствительным волокном, а количество витков можно определить величиной электрического тока.

Оптоволоконный кабель – это кабель предназначенный для передачи информации в оптическом диапазоне. Информация по нему передается световым сигналом. Кабельная система состоит из волоконно-оптических кабелей, медных кабелей и кабельного бокса. Медные кабели выполняют вспомогательные функции и служат для подключения модуляторов, датчиков температуры и давления от колонны до кабельного бокса и далее, к стойке электроники в помещении щита управления.

Высоковольтные ОТТ находятся в самом начале своего пути в большую электроэнергетику и промышленность. Слишком очевидны их достоинства и преимущества перед электромагнитными трансформаторами. Важно, что оптические технологии изначально

ориентированы на цифровое представление результатов измерений и на цифровую обработку.

Это означает, что цифровая обработка становится еще ближе к точке измерения электроэнергии и окончательные результаты измерения можно будет получить непосредственно в ОТТ, не прибегая к использованию различных дополнительных измерительных приборов, например, счетчиков электроэнергии. Цифровые ОТТ – это будущее в учете электроэнергии при больших токах.

Источники

1. Гречухин В.Н. Электронные трансформаторы тока и напряжения. Состояние, перспективы развития и внедрения на ОРУ 110-750 кВ станций и подстанций энергосистем // Вестник ИГЭУ, 2006. № 4. С. 56-59.

2. Волоконно-оптические технологии, устройства, датчики и системы/ Гуляев Ю.В., Никитов С.А., Потапов В.Т. и др. – Спецвыпуск Фотон-экспресс», №6, 2005, www.fotonexpress.ru.

3. Техническая диагностика и мониторинг технического состояния трансформаторного оборудования: монография / Г.А. Кириллов [и др.]; под. общ. ред. Г.А. Кириллова. Краснодар: Изд-во КУбГТУ, 2019. 256 С.

4. Гуревич В.И. Оптические трансформаторы тока: нужно быть реалистами // Электрические сети и системы, 2010. № 4. С. 9-11.

5. Некрашевич Е.А., Старостин Н.Е. Волоконно-оптические датчики тока // Электронные компоненты, 2006. № 11. С. 41-44.

Секция 9. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

УДК 621.643

ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Абдуллин Тимербулат Радмирович[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1,2]*perm1ss10n@yandex.ru*

Аннотация: в работе рассмотрен один из методов диагностического контроля, представлена и описана обобщённая схема комплекса оборудования.
Ключевые слова: неразрушающий контроль, вибродиагностика, трубопровод, вибрационные колебания.

DIAGNOSTICS OF PIPELINES BY VIBROACOUSTIC METHOD OF NON-DESTRUCTIVE TESTING

Abdullin Timerbulat Radmirovich[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1,2]*perm1ss10n@yandex.ru*

Abstract: the paper considers one of the methods of diagnostic control, presents and describes a generalized scheme of the equipment complex.
Keywords: non-destructive testing, vibration diagnostics, pipeline.

При перекачке жидкости или газа по трубопроводам разность давлений может являться причиной пульсаций. Сами по себе пульсации не несут вреда, но в рамках механической системы, они служат источником силы, вызывающей вибрационные колебания, сокращающие долговечность трубопровода, арматур, приборов, установленных на трубопроводной сети, уплотнений, прокладок и изоляции. Частым следствием влияния вибрации является расшатывание опор трубопроводов, появление свищей [1].

Известно, множество способов технической диагностики трубопроводов, из которых наиболее удобным и достоверным можно назвать вибрационную диагностику – метод диагностики и проверки технического состояния трубопроводов, основанный на анализе

параметров вибрации, создаваемой оборудованием во время работы, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной особенностями структуры исследуемого объекта [2].

Вибродиагностика – метод неразрушающего контроля, основанный на измерении и анализе параметров вибрации, и демонстрирующий высокую эффективность диагностики машин и механизмов роторного типа (подшипников, насосов, вентиляторов, турбин, компрессоров и т.д.) [3].

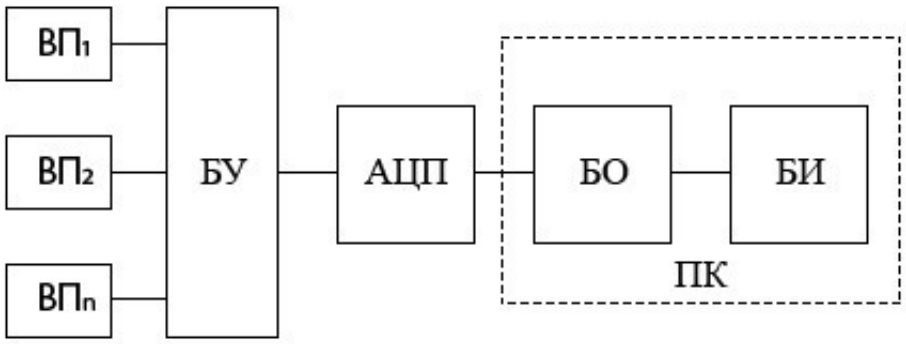
Как показывает мировая практика, периодическая вибродиагностика позволяет на 40 – 50 % сократить затраты на обслуживание оборудования.

Есть два основных метода анализа вибрационных колебаний.

1) Метод анализа по параметрам временного сигнала. Этот метод включает в себя анализ среднеквадратичных значений виброскорости или виброускорения [4].

2) Метод диагностирования по спектру. Спектральный анализ - один из методов обработки сигналов, в основном базирующийся на быстром преобразовании Фурье (БПФ), который позволяет охарактеризовать частотный состав измеряемого сигнала [5].

На рисунке представлена обобщённая структура комплекса вибродиагностического оборудования:



Обобщенная структура комплекса

В соответствии со схемой, система вибродиагностики может состоять из *n*-ого количества датчиков – вибропреобразователей (ВП). В структуре датчиков обычно выделяют измерительный преобразователь, непосредственно связанный с измеряемой величиной, т.е. непосредственно воспринимающий энергию измеряемой величины, и называют его первичный измерительный преобразователь или чувствительный элемент.

Чувствительный элемент обеспечивает преобразование измеряемой величины вибрации в информативный сигнал, удобный для последующего использования (передачи, обработки, хранения и т.п.) и в значительной степени определяет основные технические характеристики датчика [6].

Сигнал с вибропреобразователей поступает в блок усилителей (БУ), где формируется сигнал достаточной мощности для передачи в аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Далее сигнал поступает в персональный компьютер (ПК), условно разделенный на блок обработки (БО) и блок индикации (БИ). В этой системе наиболее ответственным является блок обработки, в котором заложен алгоритм определения дефекта [7].

Источники

1. Абдуллин Т.Р. Приборно-аппаратная реализация виброакустической диагностики // Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года. С. 80-82.

2. Мукатдаров, А. А. Методы калибровки пьезоэлектрических датчиков // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 34-36.

3. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Петрушенко Ю.Я. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55-57.

4. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1(31). С. 27.

5. Акутин М.В., Ваньков А.Е., Кондратьев А.Е. Применение вейвлет-анализа для определения дефектов подшипников качения // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2008. № 3. С. 29-31.

6. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors / // Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. – Saint-Petersburg: Elsevier Ltd, 2017. P. 146-150. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.451.

7. Зиганшин Ш. Г., Ваньков Ю. В., Кондратьев А. Е., Кузнецов С. П. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1(57). С. 36-38.

УДК 621.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ СИЛОВОГО ТРАНСОФРМАТОРА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Басенко Василий Романович[1], Низамиев Марат Фирденатович[2],
Ившин Игорь Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*vasiliybas123@mail.ru*

Аннотация: В тезисе приведены результаты теоретических исследований по определению информативных частот силового трансформатора с помощью метода конечных элементов. С помощью компьютерного моделирования проведен расчет частот механических колебаний магнитопровода трансформатора, выявлены информативные частотные диапазоны для определения уровня технического состояния силового трансформатора.

Ключевые слова: силовой трансформатор, метод конечных элементов, амплитудный спектр, вибрационный метод контроля.

DETERMINING THE INFORMATIVE FREQUENCY RANGE OF MECHANICAL VIBRATIONS OF A POWER TRANSFORMER USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Basenko Vasily Romanovich, Nizamiev Marat Firdenatovich, Ivshin Igor Vladimirovich
[1,2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*vasiliybas123@mail.ru*

Abstract: *The thesis presents the results of theoretical studies to determine the informative frequencies of a power transformer using the finite element method. With the help of simulation, the calculation of the frequencies of mechanical vibrations of the magnetic circuit of the transformer was carried out, informative frequency ranges were identified for determining the level of the technical condition of the power transformer.*

Keywords: *power transformer, finite element method, amplitude spectrum, vibration control method.*

При разработке метода контроля технического состояния силовых трансформаторов по параметрам вибрации, необходимо провести теоретические исследования по определению информативного частотного интервала, позволяющего обнаруживать повреждения или их отсутствие. Для определения информативных частот объектов сложной формы, таких

как силовой трансформатор, целесообразно использовать метод конечных элементов (МКЭ), реализуемый с помощью компьютерного моделирования.

С помощью МКЭ активная часть трансформатора будет разбиваться на ряд областей (конечных элементов), в которых неизвестные физические величины (механическое смещение, магнитная индукция, электрический потенциал и т.д.) будут иметь аналитическое выражение в виде известных математических уравнений. Таким образом МКЭ позволяет представить трансформатор в виде дискретной системы, состоящей из компонентов, объединенных между собой в узловых точках, что позволит моделировать дефекты трансформатора и определить его вибрационные параметры в разных технических состояниях.

Проведено два исследования механических колебаний магнитопровода под действием магнитного поля. При этом менялось одно условие – задание механического момента, которое имитирует прессовочное усилие на магнитопровод. Первое исследование проведено для бездефектного магнитопровода с механическим моментом 40 Н/м в области магнитопровода в плоскости XZ. Второе исследование моделировало дефектный трансформатор с механическим моментом 0 Н/м для магнитопровода. То есть для второго расчета отсутствовало внешнее давление на магнитопровод, также как при распрессовке, и механика магнитопровода рассчитывалась только под влиянием внутренних сил упругости.

Результаты данных исследований представлены на рисунках 1 и 2, в виде амплитудных спектров вибрации для бездефектного и дефектного магнитопровода.

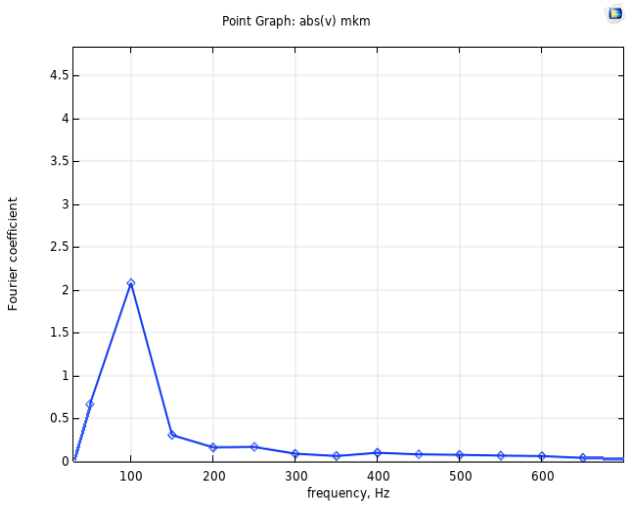


Рис. 1. Амплитудный спектр бездефектного магнитопровода

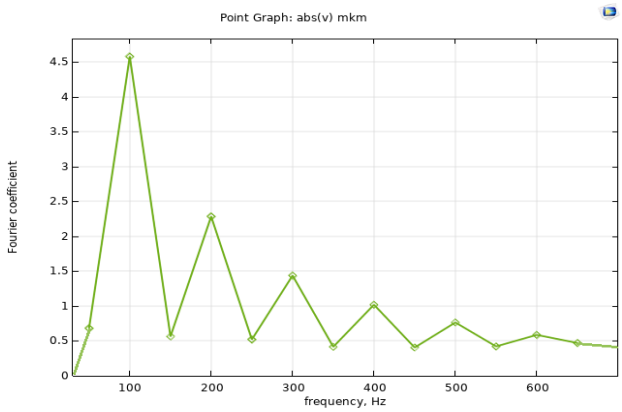


Рис. 2. Амплитудный спектр дефектного магнитопровода

Из рисунков 1 и 2 видно, что при распрессовке возникает увеличение амплитуды вибрации на частотах кратных 100 Гц, в диапазоне от 100 Гц до 700 Гц, что вызвано снижением механического момента креплений магнитопровода, так как данное снижение вызывает колебания магнитопровода в дополнительной плоскости, в которой снизились механические усилия.

Источники

1. Басенко В.Р., Владимиров О.В., Ившин И.В., Низамиев М.Ф. Бесконтактный лазерный контрольно-измерительный комплекс для определения уровня прессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 3. С. 155-168

2. Басенко В.Р., Низамиев М.Ф. Анализ вибрационных сигналов силового трансформатора с применением лазерного измерительно-диагностического комплекса // «ЭНЕРГИЯ-2020» – Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. Сборник материалов конференции, том №3 С.26

3. Низамиев М.Ф., Ившин И.В., Владимиров О.В., Ваньков Ю.В. Измерительно-диагностический комплекс для диагностики энергетических установок / // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. №3-4. С. 108-113.

4. Низамиев М.Ф., Ившин И.В., Максимов В.В., Билалов Ф.Ф. Измерительно-диагностический комплекс для контроля технического состояния электротехнического оборудования / // Электрика. 2015. №6. С.18-25.

УДК 620.91

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБЛАЧНОСТИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Местников Николай Петрович [1], Ахмад Мухаммед-Насер Альзаккар[2], Васильев Павел Филиппович [3]

[1,3]ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск, Россия

[1,3]ФГБУН ФИЦ «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН», г. Якутск, Россия

[2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

[1]sakhacase@bk.ru, [2]ahmadalzakkar86@gmail.com, [3]kb-8@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена вопросам изучения и исследования влияния различных видов облачности на территории центральной части Якутии на функционирование фотоэлектрических солнечных установок посредством проведения натурных испытаний. Представлены результаты исследований в условиях различных видов облачности летнего периода 2021 года с применением экспериментальной гелиоустановки с функцией мониторинга данных.

Ключевые слова: экспериментальная гелиоустановка, СЭ-10, виды облачности, EPEVER, снижение мощности, Север.

STUDY OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF CLOUDS ON THE FUNCTIONING OF PHOTOELECTRIC SOLAR PLANTS

Nikolay Mestnikov[1], Ahmad Alzakkar[2], Pavel Vasilyev[3]

[1.3] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova», Yakutsk, Russia

[1.3] FGBUN FITS «Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov SB RAS», Yakutsk, Russia

[2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia

[1]sakhacase@bk.ru, [2]ahmadalzakkar86@gmail.com, [3]kb-8@mail.ru

Abstract: *The article is devoted to the study and research of the influence of various types of clouds in the central part of Yakutia on the functioning of photovoltaic solar installations through field tests. The results of studies in the conditions of various types of cloudiness in the summer of 2021 with the use of an experimental solar plant with a data monitoring function are presented.*

Key words: *experimental solar plant, SE-10, cloud types, EPEVER, power reduction, North.*

Электроснабжение отдаленных и стационарных потребителей Республики Саха (Якутия) производится, как правило, посредством эксплуатации объектов автономной генерации, а именно: дизель-генераторные установки. Однако в целях экономии дорогостоящего топлива (стоимость дизельного топлива в п. Батагай – 150 000 руб/т.н.т) внедряются альтернативные источники энергии в виде горизонтальных ветровых генераторов и солнечные панели [1-4].

Необходимо отметить, что различные виды облачности, которые показаны на рисунке, влияют на работу фотоэлектрических солнечных установок в виде снижения мощности генерации, так как генерация данных установок вплотную зависит от показателя светового потока.



Основные виды облаков

Далее с применением экспериментальной гелиоустановки «СЭ-10» с функцией мониторинга данных на основе EPEVER произведены экспериментальные исследования в условиях вышеуказанных видов облачности. В таблице 1 представлены показатели снижения мощности экспериментальной гелиоустановки в условиях облачности.

Таблица 1

Показатели снижения мощности в условиях различных видов облачности

Номер вида облачности	Вид облачности	Краткое обозначение	Снижения мощности генерации, %
1	Перистые облака	*Cirrus, Ci*	8,02
2	Перисто-кучевые облака	*Cirrocumulus, Cc*	25,60
3	Перисто-слоистые облака	*Cirrostratus, Cs*	26,57

4	Высококучевые облака	*Altocumulus, Ac*	49,60
5	Высокослоистые облака	*Altostratus, As*	51,00
6	Слоисто-кучевые	*Stratocumulus, Sc*	53,00
7	Слоистые облака	*Stratus, St*	76,83
8	Слоисто-дождевые облака	*Nimbostratus, Ns, Frnb*	85,13
9	Кучевые облака	*Cumulus, Cu*	87,13
10	Кучево-дождевые облака	*Cumulonimbus, Cb*	95,18

На основании вышеизложенного авторами статьи определены показатели снижения мощности генерации фотоэлектрических солнечных установок в условиях облачности, которые составляют от 8,02 до 95,18 % в зависимости от вида облачности.

Источники

1. Местников Н.П. Разработка гибридной электростанции для электроснабжения объектов Федерального проекта «Дальневосточный гектар» // Региональная энергетика и энергосбережение. 2019. № 2. С. 66.
2. Местников Н.П. Комбинированное электроснабжение труднодоступных объектов сельского хозяйства Дальнего Востока // Актуальные вопросы энергетики: Материалы 7-й всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной профессиональному празднику «День энергетика», Благовещенск, 19 декабря 2019г. / Отв. редактор О.А. Пустовая. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. С. 154-159.
3. Местников Н.П., Нуруллин Э.Г. Исследование и моделирование процесса генерации ветровой и солнечной электростанции мощностью 650 ВТ // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2019 (МНТК «ИМТОМ - 2019»): Материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. – Казань: АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий», 2019. С. 436-439.
4. Местников Н.П., Нуруллин Э.Г. Комбинированное электроснабжение труднодоступных объектов сельского хозяйства Дальнего Востока и Арктики // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция, Казань, 06–08 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 112-118.

УДК 621.311

ИЗУЧЕНИЕ СТАРЕНИЯ И НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Сулейманова Айгуль Рафаэлевна[1], Вилданов Рустем Ренатович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*aygul_mi@bk.ru*

Аннотация: Установлено влияние концентрации ароматических углеводородов на эксплуатационные свойства модельных смесей. В результате математических исследований получены функциональные зависимости, описывающие влияние концентрации ароматических углеводородов на эксплуатационные свойства масла. В результате оптимизации полученных зависимостей найдена оптимальная концентрация ароматических углеводородов, обеспечивающая высокие эксплуатационные показатели.

Ключевые слова: ароматические углеводороды, тангенс угла диэлектрических потерь, пробивное напряжение, планирование эксперимента.

STUDY OF AGING AND FINDING THE OPTIMAL HYDROCARBON COMPOSITION OF TRANSFORMER OIL

Suleimanova Aigul Rafaelevna, Vildanov Rustem Renatovich
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
aygul_mi@bk.ru

Abstract: *Influence of concentration of aromatic hydrocarbons on operational properties of modelling mixes is established. As a result of mathematical researches the functional dependences describing influence of concentration of aromatic hydrocarbons onoperational properties of oil are received. As a result of optimisation of the received dependences it is found optimum concentration of the aromatic hydrocarbons, providing high operational indicators.*

Keywords: *aromatic hydrocarbons, tangent of angle of dielectric losses, penetrative pressure, experiment planning.*

Маслонаполненное электрическое оборудование, обеспечивающие распределение электрической энергии, определяет надежность электроснабжения промышленных объектов и коммунального хозяйства. Стабильность, долговечность и ресурс работы электрооборудования на электрических объектах во многом зависит от качества используемого нефтяного трансформаторного масла. При этом работоспособность маслонаполненных электрических машин и аппаратов в основном

определяется скоростью старения масла в силовых трансформаторах. Углеводородный состав трансформаторного масла и присутствующий в его составе растворенный воздух, оказывает существенное влияние на скорость старения масла в процессе эксплуатации в функционирующем электрооборудовании на энергетических объектах. В соответствии с литературными данными [1, 2], старение масла сопровождается окислительным превращением его углеводородов с образованием жидких, твёрдых и газообразных продуктов, резко ухудшающих эксплуатационные свойства. В этой связи представляло интерес изучить влияние углеводородного состава масла на его эксплуатационные свойства [5].

Для выявления влияния продуктов старения на эксплуатационные свойства масла были использованы модельные смеси, основу которых составляли парафино-нафтеновые углеводороды с добавлением моно- и бициклических ароматических углеводородов в разных концентрациях. С использованием модельных смесей было изучено влияние концентрации ароматических углеводородов на скорость старения масла. Скорость старения определяли концентрацией образовавшихся осадка и воды, а так же электроизоляционными свойствами, такими как пробивное напряжение и тангенс угла диэлектрических потерь [6].

На основании полученных экспериментальных данных, с целью наиболее точного описания процессов, протекающих в ходе эксплуатации масла, были составлены математические модели [3, 4]. Описание полученных зависимостей произведено регрессионным анализом, методом планирования эксперимента первого порядка.

В результате математических расчетов, были найдены уравнения, которые позволяют описать зависимость основных электроизоляционных и эксплуатационных характеристик масла от содержания ароматических углеводородов в его составе. Расчётные значения оптимальной концентрации ароматических углеводородов, полученные по уравнениям, максимально точно описывают процессы старения, протекающие в масле. Полученные результаты сравнивались с экспериментальными данными. Стандартная ошибка составила менее 1,5 %, что свидетельствует о высокой точности расчетов.

Источники

1. Бурьянов Б.П.,Трансформаторное масло // Государственное Энергетическое Издательство. 1955.

2. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло // Энергоатомиздат. 1983.

3. Трифонов А.Г. Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения // ТетраСистемс. 2005.

4. Орлов А.И. Эконометрика. Учебник. М.: Издательство Экзамен. 2002.

5. Ризванова Г.И., Гафиятуллин Л.Г., Гарифуллин М.Ш., Козлов В.К., Туранов А.Н. Особенности старения трансформаторного масла в реальных условиях эксплуатации // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики [Электронный ресурс].https://www.energyret.ru/jour. №9-10. 2015. С.91-94.

6. Вилданов Р.Р., Сидоренко А.В., Тутубалина В.П. Установка для диагностики трансформаторного масла // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики [Электронный ресурс].https://www.energyret.ru/jour. №9-10. 2006. С.105-108.

УДК 681.518.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Фаизов Нарис Наилович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
naris.faizov@yandex.ru

Аннотация: Автоматизация обеспечивает надежную и устойчивую деятельность предприятий электроэнергетики, позволяет улучшить и ускорить технический процесс, благодаря наличию полной информации об оборудовании. Поэтому все больше организаций стараются автоматизировать работу энергосистемы, внедряя передовые и современные модели диспетчерского управления, что влечет за собой повышение эффективности и работоспособности предприятий и организаций.
Ключевые слова: системы, автоматизация, управление, АСДУ, АСУЭ.

EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF AUTOMATED TECHNOLOGIES IN THE SPHERE OF ELECTRIC POWER ENGINEERING

Faizov Naris Nailovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
naris.faizov@yandex.ru

Abstract: *Automation ensures reliable and stable operation of electric power enterprises, improves and accelerates the technical process, due to the availability of complete information about the equipment. Therefore, more and more organizations are trying to automate the operation of the power system, introducing advanced and modern models of dispatch control, which entails an increase in the efficiency and operability of enterprises and organizations.*
Keywords: *systems, automation, control, automated control system, automated system.*

Электроэнергетика играет важную роль в жизни людей. Обеспечивает население необходимыми ресурсами. Кроме этого электроэнергетика является крупно-отраслевой частью страны, она занимает немаловажную роль в экономике. Предприятия все больше стараются автоматизировать свой рабочий процесс, пытаются внедрить современные технологии, это происходит ввиду низкого уровня надежности имеющихся устройств, незначительного КПД и больших потерь ресурсов.

Целью тезиса является рассмотрение и оценка внедрения различных автоматизированных технологий в сферу электроэнергетики.

Рассмотрим оборудование автоматизации. Автоматизированную систему делят на три уровня, взаимодействующих между собой. Первый(нижний) из них представляет собой сбор информации и управление, например, датчики, приборы, второй передает информацию на подсистемы, шкафы, счетчики, третий – своего рода программное обеспечение, установленное на серверах управления [1].

Одним из главных элементов в системе работы и управления является переключение в электрических сетях, осуществляемое диспетчером. Для надежности и своевременного принятия решений применяются современные автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ). АСДУ позволяет реализовывать множество задач, среди которых важными являются: ведение базы данных, формирование отчетов, хранение и отображение информации с комплекса, дистанционное управление системами объекта, регистрирование аварийных сообщений [2, 3].

Существует широкий спектр приборов диспетчерского управления, например, многофункциональный электроизмерительный прибор, предназначенный для исследования в трехфазных и однофазных цепях переменного тока, частоты, активной и реактивной мощности.

Помимо этого, существуют и другие системы автоматизации, например, автоматизированная система управления электроснабжением (АСУЭ), благодаря которой предприятие способно уменьшить расходы электроэнергии при ее передаче.

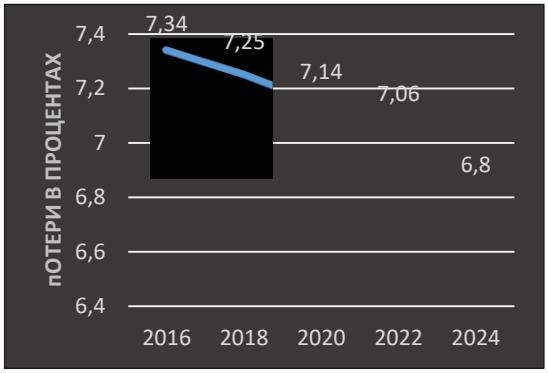


Рис. 2. Диаграмма программы перспективного развития АСУЭ российской компанией «Холдинг», показывающее уменьшение потерь электроэнергии

Внедрение и реализация данной системы управления, значительно повлияет на экономику – снизятся эксплуатационные затраты. Система

поможет четко осуществлять управление нагрузкой потребителей, обрабатывать информацию о состоянии оборудования, предупреждать о сбоях и технических авариях, круглосуточно следить за состоянием электросети [4, 5].

Внедрение развитых автоматизированных систем и технологий значительно увеличит эффективность предприятий электроэнергетики, а также положительно отразится на экономике.

Источники

1. Автоматизированная система контроля режимов электроснабжения // Журнал международного симпозиума «Надежность и качество» 2007 год. С. 1-4.
2. Золоторев С.В., Кудрявцева М.Е. ISaGRAF и некоторые современные подходы к реализации функционально безопасных систем // Журнал «ИСУП» № 2(38), 2012 год. С. 6-12.
3. В. Головко, Ш.А. Турпищев, А.В. Рогов. Автоматизированное рабочее место диспетчера электрических цепей // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2019 год. С. 23-27.
4. Автоматизация систем электроснабжения, электроосвещения и электрообогрева. [Электронный ресурс]. URL: http://rina.pro/napravleniya-deyatelnosti/sistemy-avtomatizacii/avtomatizaciya-elektrosnabzheniya (дата обращения 7.09.2021).
5. Ядыкин И.Б.. Перспективные направления автоматизации технологических процессов в электроэнергетике, 2018 год. С. 65-66.

УДК 621.3.019.3

РАСЧЕТ ДЕЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА РЕЗИСТОРАХ ДЛЯ УСТАНОВКИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ УСТРОЙСТВ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ПОСТРОЕННЫХ НА БАЗЕ *ARDUINO*

Черепенькин Иван Вячеславович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
iwan.tcherepenkin@yandex.ru

Аннотация: Для исследования показателей качества электрической энергии в сети питания электроподвижного состава все чаще возникает необходимость в установке на исследуемый объект различного рада микроконтроллерных устройств, для организации питания которых требуется понизить питающее напряжение сети работы электроподвижного состава до требуемого устройством уровня. Одним из способов организации данного процесса является применение делителя напряжения, основанного на постоянных либо же переменных резисторах.

Ключевые слова: сеть питания, напряжение, резистор, делитель напряжения, электроподвижной состав.

CALCULATION OF A VOLTAGE DIVIDER ON RESISTORS FOR THE INSTALLATION OF MICROCONTROLLER DEVICES FOR VOLTAGE ANALYSIS OF ELECTRIC ROLLING STOCK NETWORK OPERATION, BUILT ON THE BASIS OF ARDUINO

Cherepenkin Ivan Vyacheslavovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
iwan.tcherepenkin@yandex.ru

Abstract: *In order to investigate the quality of electrical energy in the power supply network of electric rolling stock, it is increasingly necessary to install on the object under study a variety of microcontroller devices, for the organization of their power supply it is required to reduce the supply voltage of the electric rolling stock to the level required by the device. One way to organize this process is the use of a voltage divider, based on constant or variable resistors.*

Keywords: *power network, voltage, resistor, voltage divider, electric rolling stock.*

Делитель напряжения на постоянных резисторах представляет собой схему из двух последовательно расположенных высокоточных резисторов, которая позволяет произвести понижение уровня напряжения до

требуемого, при изменении номиналов применяемых в схеме резистивных элементов.

Схема делителя напряжения в таком случае включает источник питания, а также два последовательно расположенных резистора и выглядит следующим образом (см.рис.1).

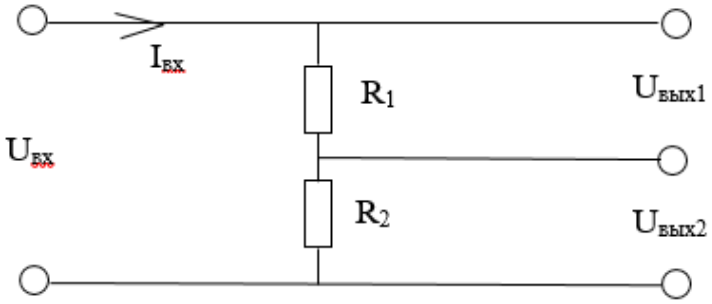


Рис. 1. Общий вид схемы делителя напряжения на резисторах

Разработка системы контроля напряжений сети работы ЭПС ГЭТ возможна на базе микроконтроллера *Arduino UNO.*

С помощью аналогового входа платы *Arduino* можно измерить напряжение в диапазоне от 0 В до 5 В, следовательно напряжение питания сети ЭПС равное 550 В нужно понизить до напряжения, воспринимаемого аналоговым входом платы *Arduino.* Сделать это можно несколькими способами, в нашем случае в качестве преобразователя напряжения сети (Рисунок 2), выбран делитель напряжения, основанный на способности двух последовательно расположенных резисторов высокой точности понижать напряжение до оптимального, в нашем случае до 2.5 В.

Напряжение номиналом 2,5 В выбрано в связи с тем, чтобы предотвратить вывод из строя системной платы в следствии больших скачков напряжения, в том числе связанных с короткими замыканиями.

Для выполнения требований по току и мощности, нам потребуется резистор R_1 номиналом 6 МОм, формула расчета необходимого номинального сопротивления резистора R_2 выглядит следующим образом.

$$U_{вых} = \frac{R_2 \times U_{вх}}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_1 \frac{U_{вых}}{U_{вх}}}{(1 - \frac{U_{вых}}{U_{вх}})} = \frac{6000000Ом \frac{2,5В}{550В}}{1 - \frac{2,5В}{550В}} = 27400Ом = 27,4кОм \quad (2)$$

В связи с тем, что резисторов номиналом 27.4 кОм не существует выберем углеродистый резистор R2 серии CF-100 (С1-4) 1Вт, 27кОм, 5%.

Для обеспечения безопасности оператора и защиты устройства следует разделить сопротивление резистора R_1 = 6 МОм на четыре последовательно соединенных резистора серии CF-100 (С1-4) 1Вт, 1,5 МОм, 5%. Так же в цепь делителя напряжения после резистора R_1 последовательно в цепь необходимо включить предохранитель серии FBGTF640H 0,6 А, 5кВ, который обеспечит защиту цепи от короткого замыкания.

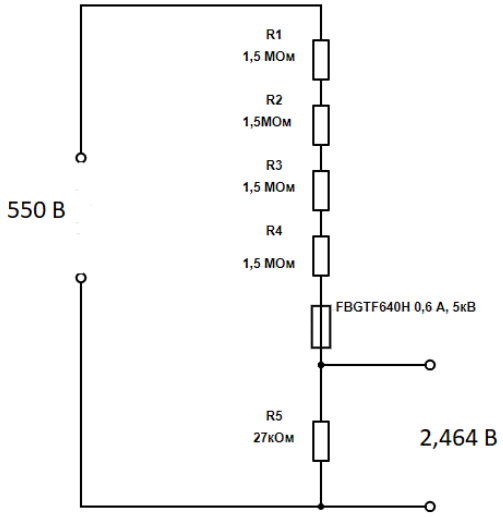


Рис. 2. Принципиальная схема делителя напряжения 550В/2,564В с предохранителем на пяти резисторах

Параметры спроектированного делителя соответствуют заданию, а также отвечают техническим требованиям по току и мощности.

Источники

1. Нормы и правила проектирования систем электроснабжения трамваев и троллейбусов. М.: ОНТИ АКХ, 1983. 56 с.

2. Правила устройства систем тягового электроснабжения железных дорог РФ. М., 1997. 688 с.

3. ГОСТ 6962-75. Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений.

4. Правила технической эксплуатации трамвая и троллейбуса. М.: Министерство транспорта РФ, 2001. 254 с.

5. Щуров Н.И. Теория электрической тяги. Новосибирск: НГТУ, 2004. 98 с.

УДК 621.31

СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Шакиров Марат Айратович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
varikash.taram2015@yandex.ru

Аннотация: В данной работе проведён обзор современных устройств учёта электроэнергии и описан принцип их работы. Рассмотрены преимущества и недостатки разных видов счётчиков электроэнергии.

Ключевые слова: счетчики электроэнергии, устройства учета, индукционные, механические, цифровые, приборы.

MODERN DIGITAL ELECTRICITY METERING DEVICES

Shakirov Marat A.
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
varikash.taram2015@yandex.ru

Abstract: *In this paper, an overview of modern electricity metering devices is carried out and the principle of their operation is described. The advantages and disadvantages of different types of electricity meters are considered.*

Keywords: *electricity meters, metering devices, induction, mechanical, digital, devices.*

Объёмы потребляемой человечеством электроэнергии постоянно увеличивается, возникает необходимость передачи электроэнергии на дальние расстояния для большого количества потребителей, что требует автоматического фиксирования всех данных, для их анализа [1]. С появлением цифровых устройств электроэнергии эти потребности были удовлетворены. Снятие показаний стало проще для управляющих организаций: все данные отправляются в автоматическом режиме без участия человека. Такие счётчики позволяют собирать данные большого количества потребителей и количество использованной электроэнергии с учётом индивидуального потребления отдельных квартир или производств [1].

Существует два вида счётчиков электроэнергии:

– индукционные;

– статические.

Статические счётчики представляют собой чисто электронные приборы без механических частей. Известно два вида статических счётчиков: счётчика на эффекте Холла, и цифровые счётчики электроэнергии [2].

Индукционные устройства учёта электроэнергии состоят из механических элементов. Принцип работы такого счётчика основан на взаимодействии магнитных полей, создаваемых катушками тока и напряжения. Они создают суммарный магнитный поток, пропорциональный значению проходящей через счетчик мощности [2].

Главными преимуществами индукционных счётчиков является простота, надёжность и дешевизна. А недостатками являются подверженность механическому воздействию и низкая точность приборов. Сейчас индукционные счётчики устарели и заменяются на более новые цифровые счётчики.

Принцип эффекта Холла состоит в том, что в проводнике с током, помещённом в магнитное поле, перпендикулярное току, возникает разность потенциалов. Эффект Холла является следствием существования силы Лоренца, под действием которой электроны пластины смещаются в направлении, перпендикулярном направлению тока и направлению вектора магнитной индукции, вследствие чего возникает разность потенциалов [3]. Выходной сигнал датчика Холла пропорционален значению мгновенной мощности, измеряемой счётчиком электроэнергии.

Счётчика на эффекте Холла являются переходным звеном между индукционными и электронными счётчиками. Главными их недостатками являются проблемы со стабилизацией работы рабочего режима и линеаризации характеристик счётчика, из-за чего снижается надёжность подобных устройств учёта электроэнергии.

Рассмотрим принцип работы современных цифровых счётчиков. Они не содержат никаких механических элементов, кроме счётчиков с механическим табло [4]. Это позволяет сократить размеры приборов.

Развитие микроэлектроники позволило усовершенствовать и удешевить достаточно точные и компактные микропроцессорные схемы, основанные на базе аналого-цифрового преобразования. Используемые в современных счётчиках микросхемы выполняют основные функции по измерении и преобразованию показаний [2]. Показания, полученные с датчиков, в аналоговом виде поступают на вход микросхемы аналогово-цифрового преобразователя, в виде цифровых сигналов идут в микроконтроллер, который выводит данные на дисплей.

Используя набор измеренных значений счётчик может вычислить ряд параметров качества электрической энергии, к которым относятся:

– частота сети;

– амплитуды гармоник тока и напряжения;

– коэффициент по каждой фазе тока и т.д. [3]

В своей работе электронные приборы учёта также анализируют активную и реактивную составляющую мощности тока, считают полную мощность и заносят все вычисленные характеристики в память устройства. Функционал электронных приборов учёта позволяет удалённо проверять работу счётчика, отправлять показания в управляющие компании автоматически [5].

Главным преимуществом цифровых устройств учёта является более высокая точность, возможность хранения и передачи данных, удалённая настройка устройства. Также счётчик может быть многотарифным, если есть наборы элементов, которые могут работать в разных режимах в определённые интервалы времени, соответствующим разным тарифам.

Источники

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие / Москва: Издательский дом МЭИ, 2017.

2. Захаров В.А., Волегов А.С. Метрологическое обеспечение измерительных систем: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1. Принципы построения и вопросы стандартизации автоматизированных измерительных систем /; [под общ. ред. В. А. Захарова]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 168с.

3. Зарипова Р.С., Шакиров А.А. Использование сред схемотехнического проектирования и машиностроительных САПР для моделирования виртуальных прототипов приборов // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. № 4-2. С. 29-32.

4. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. № 3-2. С. 112-115.

5. Неуступов Е.О. Современные системы учета электрической энергии // Вестник науки и образования. 2021. № 8-1 (111). С. 26-29.

СЕКЦИЯ 10. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

УДК 621.184.76

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНЫХ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Власова Маргарита Андреевна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
Vlasovarita1999@gmail.com

Аннотация: В статье представлен анализ основных показателей функционирования системы теплоснабжения, рассмотрены наиболее часто применяемые теплоизоляционные материалы. Разработаны технико-экономические решения для выбора конструкции тепловой изоляции.

Ключевые слова: тепловая изоляция, тепловые сети, теплопотери, сопротивление теплопередаче, трубопроводы.

DETERMINATION OF COST-EFFECTIVE OPTIONS FOR THE CONSTRUCTION OF PIPELINES OF THE THERMAL NETWORK WITH VARIOUS THERMAL INSULATION MATERIALS.

Vlasova Margarita Andreevna
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
Vlasovarita1999@gmail.com

Abstract: *The article presents an analysis of the main indicators of the functioning of the heat supply system, the most commonly used thermal insulation materials are considered. Technical and economic solutions for the choice of thermal insulation design have been developed.*

Keywords: *thermal insulation, heating networks, heat loss, heat transfer resistance, pipelines.*

Надежное теплоснабжение – это социально-экономическая необходимость, определяющаяся потреблением тепла на отопление и горячее водоснабжение жилищ и социально-бытовыми нуждами населения в разных природно-климатических и экономических условиях регионов России [1, С.31]. В нашей стране сложившаяся система теплоснабжения организована как централизованная. С помощью систем такого типа обслуживается 92 % городских и 20 % сельских жителей, т.е. примерно 73 % населения страны. При проектировании жилых зданий, промышленных

объектов тепловая сеть рассчитывается таким образом, чтобы ее гидравлические характеристики обеспечивали заданную температуру воздуха внутри помещений в широком диапазоне сезонного изменения температуры наружного воздуха при качественном регулировании (регулировании соответствующим изменением температуры теплоносителя) [2, С.2].

В системах централизованного теплоснабжения передача и распределение тепловой энергии от источника теплоты до потребителя сопровождается потерями тепловой энергии через тепловую изоляцию в окружающую среду, что является актуальной проблемой, так как по этой причине в настоящее время с каждым годом увеличивается плата за энергопотребление.

По опыту проведения энергетических обследований величина тепловых потерь при транспортировке теплоносителя в существующих тепловых сетях составляет 15 – 30 % в зависимости от времени года. В связи с этим существенно возрастает роль теплоизоляционных конструкций трубопроводов тепловых сетей как фактора для бесперебойной работы и функционирования объектов энергетики.

Представляется очевидным, что проблема снижения тепловых потерь с участков трубопроводов может быть решена путем внедрения современных теплоизолирующих конструкций, а также определения наиболее оптимальной толщины слоя изоляции, которую в настоящее время определяют в соответствии с нормативным документом [3, С.41]. Среди наиболее часто используемых в России теплоизоляционных материалов выделяют минераловатные изделия (маты и плиты), составляющие более 65 %, около 8 % приходится на стекловатные материалы, около 20 % – на пенополистирол и другие пенопласты [4, С.6]. Также на сегодняшний день разработана жидкая теплоизоляция (теплоизоляционная краска) [5, С.103].

СП 61.13330.2012 рекомендует выбирать толщину изоляции по плотности теплового потока. В этом своде правил приведены нормы плотности теплового потока с учетом температуры теплоносителя.

Однако плотность теплового потока зависит также от температуры окружающей среды и в этих нормах не учтены капитальные затраты на строительство.

Предлагаем толщину теплоизоляционного слоя определять на основе технико-экономических расчетов. Одним из наиболее приемлемых критериев выбора варианта конструкции теплопровода являются удельные

годовые приведенные затраты, позволяющие объективно сравнивать альтернативные варианты при помощи единого стоимостного критерия.

Удельные годовые приведенные затраты вычисляются по формуле:

$$П = (p_{и} + E_{н}) \cdot K_{и} + C_{т.п} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $p_{и}$ – годовые отчисления от стоимости изоляции в долях от единицы, 1/год; $E_{н}$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, принимается равным 0,12; $K_{и}$ – стоимость одного погонного метра теплопровода, с учетом стоимости монтажа, защитного кожуха и бандажа-хомута, руб/м; $C_{т.п}$ – годовая стоимость тепловых потерь с одного погонного метра теплопровода, руб/год.

Таким образом, предложенная методология обеспечивает выбор материала тепловой изоляции с наименьшей теплопроводностью, а также наиболее выгодной конструкции по технико-экономическим показателям. Для рассматриваемого температурного графика тепловой сети 90/70 °С, по результатам расчетов, наиболее выгодным теплоизоляционным материалом является – полуцилиндры из ППУ изоляции, также можно применить полуцилиндры из минеральной ваты, но приведенные затраты составят большее значение.

Источники

1. Савина Н.В., Артюшевская Е.Ю. Актуальные проблемы реализации федерального закона № 261 от 23. 11. 2009 г. В Российской Федерации в части теплоснабжения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2017. Т. 19. №. 3-4. С. 31–40.

2. Кириллов Ю.И., Мотлохов М.А., Бычков А.М., Звонарев М.Г. Состояние тепловой изоляции на электростанциях ОАО РАО «ЕЭС России» // Энергетик. 2005. № 11. С. 2–5.

3. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. М.: Минрегион России. 2012. С. 56.

4. Овчаренко Е.Г. Анализ состояния рынка теплоизоляционных материалов в России // Энергосбережение. 2003. №. 2. С. 6–10.

5. Закомолдина Е.С., Плотникова Л.В. Влияние типа теплоизоляции и способа прокладки тепловых сетей на эффективность тепловых сетей // Наука современности: проблемы и решения. 2019. С. 102-105.

УДК 621.482

ГЕОТЕРМАЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ДОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Гаирбекова Анастасия Руслановна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*gairbekova.nastya@mail.ru,* [2]*aekondr @mail.ru*

Аннотация: в связи с растущей необходимостью охраны окружающей среды и истощением невозобновляемых энергетических ресурсов одной из главных задач человечества в настоящее время становится развитие альтернативной энергетики, а также поиск новых источников энергии. Как известно, одной из перспективных областей альтернативной энергетики является геотермальная энергия.

Ключевые слова: геотермальная энергия, геотермальное отопление, тепловой насос.

GEOTHERMAL HEATING OF THE HOUSE USING A HEAT PUMP

Gairbekova Anastasia Ruslanovna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*gairbekova.nastya@mail.ru,* [2] *aekondr @mail.ru*

Abstract: *due to the growing need to protect the environment and the depletion of non-renewable energy resources, one of the main tasks of mankind at present is the development of alternative energy, as well as the search for new energy sources. As you know, one of the promising areas of alternative energy is geothermal energy.*

Keywords: *geothermal energy, geothermal heating, heat pump.*

Геотермальное отопление подразумевает использование тепла от почвы, грунтовых вод, которые на определенных глубинах не промерзают, сохраняя плюсовые температуры [1].

Различают три типа геотермальных установок.

1. Земля-вода. Тепловая энергия забирается из грунта с помощью зондов, накапливается в коллекторе и передается в систему отопления с жидким теплоносителем. Такая схема считается оптимальной для применения в жилых домах.

2. Вода-вода. Здесь энергия тепла добывается из воды, для чего требуется источник в виде пруда, реки, озера. Такое геотермальное отопление дома по принципу работы считается самым стабильным по показателям температуры.

3. Воздух-воздух. Это системы, напоминающие кондиционер и использующие в качестве источника воздух. Для работы схемы нужны вентиляторы, испарители, соединенные в одну схему [2].

Система геотермального отопления функционирует по принципу фреонового компрессора, работающего по циклу Карно. Конструкционно устройство системы геотермального отопления состоит из следующих элеменов [3]:

1. Испаритель – радиатор-теплообменник, расположенный в закрытом резервуаре. Он позволяет охлаждать хладагент за счет геотермальной энергии и преобразования рабочей жидкости в контуре в жидкое состояние после сжатия в компрессоре.

2. Конденсатор – теплообменник, необходимый для передачи тепла горячего хладагента в рабочую среду контура отопления. В конденсатор хладагент поступает уже в газообразном состоянии под давлением после сжатия компрессором теплового насоса.

3. Тепловой насос – устройство, состоящее из компрессора и насосов, необходимое для циркуляции воды и хладагента внутри системы.

4. Буферный бак – необходим для передачи накопленной тепловой энергии к теплоносителю. Бак состоит из двух герметичных контуров, между которыми проходит теплообмен. Внутри бака установлен резервуар, в котором циркулирует вода из системы отопления дома, внутри резервуара находится змеевик, проводящий фреон. В зависимости от температуры рабочей жидкости, вода в резервуаре подогревается или охлаждается, затем направляется тепловым насосом к радиаторам в доме [4].

Для нагрева или охлаждения помещения используется только геотермальная энергия, из сторонних источников требуется только электричество для работы компрессора теплового насоса [5].

Работа теплового насоса возможна уже на глубине непромерзающего слоя земли, обычно она составляет 1,5-2 метра, однако для максимальной эффективности рекомендуется устанавливать систему как можно глубже. Для повышения КПД геотермального отопления необходимо либо увеличить площадь теплообменников, либо их глубину расположения. В связи с чем выделяют 2 способа монтажа геотермального отопления: вертикальное или горизонтальное размещение [6].

Источники

1. Исмаилова Г.М., Кондратьев А.Е. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом // В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Пермь, 25 декабря 2016 года. Пермь: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. С. 86-88.

2. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка /// Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.

3. Алимкулова С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

4. Гатауллина И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

5. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

6. Исмаилова Г.М. Геотермальные источники для теплоснабжения дома // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 177-179.

УДК 621.482

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Гаирбекова Анастасия Руслановна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gairbekova.nastya@mail.ru, [2]aekondr @mail.ru

Аннотация: Поскольку невозобновляемые источники энергии не восполняются и зависят от рыночных цен на топливо, всё большую популярность приобретают альтернативные источники энергии. Одним из наиболее доступных альтернативных источников тепловой энергии является геотермальная энергия с применением теплового насоса.

Ключевые слова: геотермальная энергия, тепловой насос, система отопления.

FEATURES OF THE USE OF HEAT PUMPS IN THE GEOTHERMAL HEATING SYSTEM

Gairbekova Anastasia Ruslanovna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gairbekova.nastya@mail.ru, [2] aekondr @mail.ru

Abstract: *Since non-renewable energy sources are not replenished and depend on market prices for fuel, alternative energy sources are becoming increasingly popular. One of the most affordable alternative sources of thermal energy is geothermal energy using a heat pump.*

Keywords: *geothermal energy, heat pump, heating system.*

Применение теплового насоса связано с особенностями эксплуатации в зависимости от источников низкопотенциального тепла. Существует два способа монтажа системы с тепловым насосом: вертикальное или горизонтальное размещение [1].

Вертикальная установка контура источника теплоты используется при ограниченной площади участка, на котором можно проводить земельные работы. Она считается наиболее эффективной, однако обходится дороже ввиду сложности монтажных работ. Для систем с вертикальной установкой контура обычно используются водопроводные скважины или погружные зонды [2].

Для монтажа в глубинной скважине требуется минимум две скважины, из которых одна производит забор жидкости для охлаждения

хладагента в теплообменнике, вторая – сбрасывает воду. Также требуется установка дополнительного теплообменника, предупреждающего замораживание воды в зимнее время, и приобретение глубинных циркуляционных насосов [3].

Для установки погружного зонда проводится бурение двух или более скважин для установки внешних контуров отопления, при этом в одну скважину устанавливается зонд с конденсатором, во вторую – с испарителем. Для эффективной работы отопления требуется бурение скважины на глубину от 40 до 80 м [4].

Горизонтальное размещение контура низкопотенциального тепла не требует применения специальной техники для бурения, однако требуется большая площадь выкладки петель. Укладывается трубопровод ниже точки промерзания грунта, для чего копаются траншеи. В данном случае площадь земли для выкладки контура должна быть в 3 раза больше площади отапливаемого помещения. Поэтому для горизонтальной выкладки проще всего использовать водоемы, в противном случае будет занят весь земельный придомовой участок [5].

Таким образом, система геотермального отопления имеет ряд особенностей:

– постоянство обеспечения и экономичность. Поскольку вода и земля не промерзают ниже определенных точек, в связи с чем отопление тепловым насосом будет осуществляться в постоянном режиме, также количество полученного тепла превышает затраты на электричество, необходимое для работы насоса;

– высокий показатель экологичности и безопасности. Поскольку во время работы оборудование не образует вредных газов, шлаков, вся схема выстроена на отсутствии любых отходов сгорания и выбросов вредных веществ. Кроме того, данная система не вызывает возгорания;

– длительность эксплуатации. Данная система отопления способна работать до 100 лет, при этом замены потребуют некоторые конструкционные узлы со сроком износа 30-50 лет;

– отсутствие шумовых эффектов. Некоторое оборудование имеет шум в 40 дБ, такие насосы можно ставить в доме рядом с жилыми комнатами;

– система может работать в двух режимах: обогрев и охлаждение, что очень актуально для российского климата;

– большие разовые затраты. Расходы связаны с покупкой оборудования, заказом услуг мастеров для формирования системы [6].

Источники

1. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

2. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка/ Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.

3. Исмаилова Г.М., Кондратьев А.Е. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом // В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Пермь, 25 декабря 2016 года. Пермь: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. С. 86-88.

4. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

5. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

6. Исмаилова Г.М. Геотермальные источники для теплоснабжения дома // Тинчуринские чтения : Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 177-179.

УДК 681.518.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНТРОПИЙНОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Гапоненко Сергей Олегович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
sogaponenko@yandex.ru

Аннотация: В статье представлен сравнительный анализ методов обработки вибродиагностических сигналов для контроля технического состояния трубопроводов с использованием методов энтропийной параметризации и с использованием известных статистико-логистических методов (преобразование Фурье, вейвлет–преобразование, преобразование Гильберта–Хуанга). Результаты анализа показали, что энтропийный анализ (энтропия Шеннона, энтропия Колмогорова) является перспективным методом обработки диагностических сигналов при оценке технического состояния трубопроводов.

Ключевые слова: трубопровод, энтропийная параметризация, вибродиагностический сигнал, контроль технического состояния, диагностика.

USE OF ENTROPY PARAMETRIZATION OF VIBRATION DIAGNOSTIC SIGNALS FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF PIPELINES

Gaponenko Sergey Olegovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
sogaponenko@yandex.ru

Abstract: *The article presents a comparative analysis of methods for processing vibrodiagnostic signals for monitoring the technical condition of pipelines using entropy parametrization methods and using well-known statistical and logistic methods (Fourier transform, wavelet transform, Hilbert-Huang transform). The results of the analysis showed that entropy analysis (Shannon entropy, Kolmogorov entropy) is a promising method of processing diagnostic signals when assessing the technical condition of pipelines.*

Keywords: *pipeline, entropy parameterization, vibration diagnostic signal, technical condition monitoring, diagnostics.*

Современные методы диагностики трубопроводов в основном базируются на применении вибрационных, звуковых и ультразвуковых датчиков [1]. В качестве диагностической информации используются вибродиагностические сигналы. При этом наличие дефекта в трубопроводе определяется путем анализа амплитуды диагностического сигнала [2].

Для проведения достоверной оценки технического состояния трубопровода необходимо должным образом извлечь диагностическую информацию из вибросигнала. Для обработки сигналов традиционно применяют следующие методы: вейвлет–преобразование, преобразование Фурье, С-преобразование, преобразование Гильберта – Хуанга [3].

Перечисленные выше методы обработки сигналов основаны на регистрации и анализе виброакустических сигналов. Однако такие сигналы имеют различные источники, физическую природу и причины возникновения. Таким образом, типовые способы обработки виброакустических сигналов имеют значительные различия, что вынуждает использовать в системах диагностики несколько параллельных механизмов, что усложняет эти системы. При этом указанные математические механизмы часто не позволяют выявлять отклонения в техническом состоянии объектов, которые выходят за рамки заранее описанных, особенно на ранней стадии возникновения этих отклонений [4].

Учитывая сложность динамических взаимодействий при наличии дефектов в трубопроводных системах, применение традиционных методов обработки является недостаточным. Оборудование и трубопроводы энергетических систем и комплексов часто демонстрируют хаотическое поведение, что отражается в характере диагностических сигналов.

Такие нерегулярные составляющие сигнала не могут быть эффективно идентифицированы традиционными методами.

Современные методы обработки полезных сигналов в основном базируются на анализе амплитуды полезного сигнала. Однако амплитуда не является надёжным диагностическим признаком, так как на изменение амплитуды может повлиять большое количество различных факторов, учесть которые крайне проблематично.

Для исследования хаотических колебаний в физических системах можно успешно использовать методы энтропийной параметризации диагностических сигналов (энтропия Шеннона, Колмогорова). Их применение для анализа виброакустических сигналов позволит повысить достоверность контроля трубопроводных систем энергетических комплексов и, как следствие, позволит существенно повысить надёжность эксплуатации данных объектов [5].

В данном случае высокую эффективность показывают вероятностно-статистические методы анализа сигнала, которые базируются на теории хаоса. Следует отметить, что энтропийные показатели реагируют на изменение структуры сигнала, вызванное наличием в трубопроводе

дефекта или течи. При этом энтропийные показатели мало зависят от амплитуды [5].

Источники

1. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 6. С. 188-201. DOI 10.30724/1998-9903-2020-22-6-188-201.

2. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Повышение надёжности работы энергетических систем путем определения технического состояния трубопроводов // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. Казань: КГЭУ, 2019. С. 184-187.

3. Гапоненко С.О. Программно-аппаратный комплекс на основе теоретического моделирования и экспериментального исследования зависимости энтропийных виброакустических параметров линейно-протяженных энергетических объектов от их технического состояния. «Тинчуринские чтения»: материалы XIV Международной молодежной научной конференции: в 3 т. Т. 2. Ч. 1. Казань: КГЭУ, 2019. С. 3-6.

4. Гапоненко С.О., Загретдинов А.Р. Новый подход к контролю технического состояния трубопроводов на основе энтропийной параметризации вибродиагностических сигналов // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. Казань, 2021. С. 101-104.

5. Гапоненко С.О. К вопросу использования энтропийной параметризации вибродиагностических сигналов для контроля технического состояния трубопроводов. Энергия-2021: шестнадцатая всероссийская (восьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных, Иваново, 06–08 апреля 2021 года. Иваново, 2021. С. 8.

УДК 697.7 / ББК 31.63

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Гараева Венера Ринатовна[1], Ахметов Эдуард Адгамович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]vera.garaeva.1999@mail.ru, [2]axmetovite@mail.ru

Аннотация: В работе рассмотрены особенности и эффективность использования солнечных коллекторов в качестве источника тепловой энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения.

Ключевые слова: солнечный коллектор, горячее водоснабжение, отопление, солнечная энергия, альтернативные источники.

FEATURES OF APPLICATION OF A SOURCE OF THERMAL ENERGY BASED ON A SOLAR COLLECTOR

Garayeva Venera Rinatovna [1], Akhmetov Eduard Adgamovich [2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]vera.garaeva.1999@mail.ru, [2]axmetovite@mail.ru

Abstract: *The paper considers the features and efficiency of using solar collectors as a source of thermal energy for heating and hot water supply.*

Key words: *solar collector, hot water supply, heating, solar energy, alternative sources.*

Стратегической проблемой, которая определяет перспективы устойчивого развития многих стран в условиях постепенного истощения запасов ископаемого органического топлива и возникающих угроз загрязнения окружающей среды является освоение экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В частности, одним из альтернативных способов получения тепла является энергия солнца – неиссякаемого, экологически чистого источника энергии.

Техническим устройством, служащим для преобразования солнечной энергии в тепловую является солнечный коллектор. Он использует солнечное излучение с целью получения тепла для нужд отопления и горячего водоснабжения [1].

Принцип работы любого типа солнечного коллектора вне зависимости от конструкции и вида теплоносителя, единый и основан на

способности материалов поглощать энергию солнца. Так, в связи с поглощением, внутри материала, из которого создан коллектор – адсорбера, представляющего собой медную пластину с приваренной к ней трубой, начинается физический процесс и молекулы начинают двигаться быстрее, а пластина и трубы начинают нагреваться. Тепловая энергия, выделяемая материалами, на которые воздействуют солнечные лучи, передается теплоносителю, а тот в свою очередь транспортирует его далее по системам отопления и горячего водоснабжения здания. Способность отражать или поглощать солнечные лучи зависит, прежде всего, от характера его поверхности, поэтому на медную пластину адсорбера наносится именно черное покрытие [2].

Относительно невысокое значение КПД солнечных коллекторов связано с несовершенством их конструкции. Часть полученной тепловой энергии нагретая пластина адсорбера излучает в окружающую среду, при этом нагревая контактирующий с ней воздух [3].

Существуют несколько разновидностей солнечных коллекторов. Самыми распространенными из них являются плоские и вакуумные трубчатые.

На практике чаще применяются плоские коллекторы. Они имеют однослойное остекление и представляют собой конструкцию в виде коробки, выполненную из прочного материала и служащую корпусом устройства. Во внутреннее пространство корпуса укладывается изоляция, по поверхности которой монтируется абсорбирующая пластина, которая поглощает тепловую энергию. В углубления абсорбера укладываются трубки.

Отличием же вакуумных трубчатых коллекторов является применение вакуума в качестве эффективной тепловой изоляции. Он поддерживается между наружным покрытием из стекла и теплопоглощающим слоем. Благодаря вакууму снижается зависимость КПД коллектора от разности температур между температурой коллектора и температурой наружного воздуха, а также минимизируются потери тепла [4].

Солнечные коллекторы позволяют существенно снизить нагрузку на энергосистему отапливаемого помещения. Также, их высокая эффективность дает возможность внедрять их в комбинированные системы теплоснабжения, в которых для подогрева воды используется оборудование на газовом, жидком или твердом топливе. В таком случае затраты на топливо существенно снижаются.

Несмотря на такие недостатки, как применение дорогостоящих материалов, большой срок окупаемости и необходимость наличия резервных мощностей для работы в пасмурные дни, солнечные коллекторы позволяют экономить значительную часть энергетических ресурсов. Система теплоснабжения на базе солнечного коллектора будет наиболее выгодна для частных домов, находящихся в более южных регионах, а также не имеющих технической возможности к подключению к традиционному газовому отоплению сетям [5].

Источники

1. Торопов А.Л. Комбинированные тепловые гелиосистемы. Ч. 1. Тепловые солнечные коллекторы для индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения: учебное пособие. М.: Издательский дом Академии Естество знания, 2019. – 88 с.

2. Фаритова А.А. Использование солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018 № 2 С. 147-149.

3. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ 2018 С. 181-182.

4. Риполь-Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. 122 с.

5. Солнечная энергетика. Тренды и перспективы [Электронный ресурс] http://einstitut.livejournal.com/37912.html (дата обращения 25.10.2021).

УДК 532.542

ИСЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА В НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА

Гареев Назир Фатыхович
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
Казань, Россия
nazir-turk@mail.ru

Аннотация: В статье представлены результаты исследования теплообмена в коротком цилиндрическом канале. Определены гидродинамические и тепловые характеристики нестационарного высокотемпературного газового потока. Анализ основан на теории пограничного слоя.

Ключевые слова: Цилиндрический короткий канал, начальный участок, высокотемпературный газ, неустойчивость.

STUDY OF UNSTATIONARY HEAT EXCHANGE IN THE INITIAL SECTION OF THE PIPELINE

Gareev Nazir Fatykhovich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
nazir-turk@mail.ru

Annotation: *The article presents the results of studying heat transfer into a short cylindrical channel. The hydrodynamic and thermal characteristics of the non-stationary high-temperature gas flow are determined. The analysis is based on the theory of the boundary layer.*

Keywords: *Cylindrical short channel, initial section, high temperature gas, instability.*

Эффективность и ресурс использования теплового энергетического оборудования во многом определяется интенсивностью теплообменных процессов. С целью форсирования или подавления интенсивности используется создание нестационарных гидродинамических и тепловых условий.

Нестационарные процессы относятся к сложным физическим явлениям, при которых возникают нестационарные потоки жидкостей или газов с изменением гидродинамических и тепловых величин не только во времени, но и в пространстве, занимаемом потоком [1 – 3]. Такие режимы характеризуются появлением и затуханием вихревых течений и переменной турбулентностью [4].

Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическую трубу открытого цикла, поток газа в которой создается компрессорной установкой, а электрический плазмотрон используется в качестве подогревателя рабочего тела и создания условий для его нестабильности.

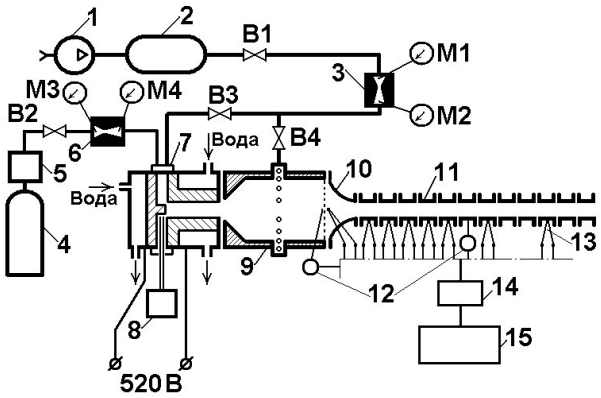


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – компрессор; 2 – ресивер; 3,6 – расходомеры; 4 – баллон с аргоном; 5 – редуктор; 7 – плазмотрон; 8 - система поджига электрической дуги; 9 – форкамера; 10 – сопло; 11 - опытный участок; 12 - датчики давления; 13 - термопары; 14 - УВВ; 15 – персональный компьютер; М1 - М2 – манометры; В1 - В4 – вентили

На рис. 1 показаны компоненты экспериментального стенда, которая включает в себя систему подачи газа, плазменную горелку, накопитель, системы питания, зажигание дуги, управление установкой, испытательную секцию и систему записи и обработки информации.

Нестационарные тепловые условия создаются при включении и выключении плазмотрона. В первом случае резкое повышение температуры в форкамере вызывает ускорение потока в опытном участке, представляющей собой короткий цилиндрический канал. При выключении температура снижается и наблюдается замедление гидродинамических процессов.

Методика обработки результатов опытов основана на уравнении теплового баланса стенки. Согласно малости критерия $Bi << 1$ распределение температур по толщине стенки можно считать равномерным и тепловые потоки вычисляются по формуле зависимости приращения температуры стенки. Параметры пограничного слоя определяются по методике [5].

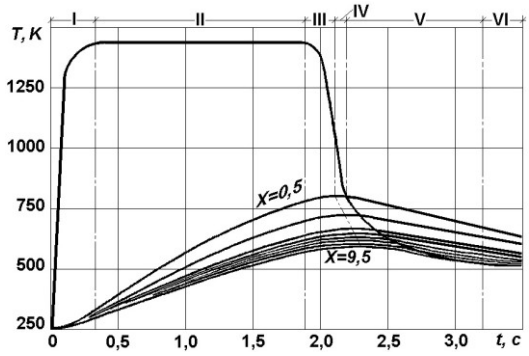


Рис. 2. Зависимость температуры основного потока (T_0), обтекаемой поверхности (T_W) от времени и продольной координаты X

С увеличением температуры термофизические параметры падают, стремящиеся к его стационарным значениям [5].

Источники

1. Попов И.А., Гортышов Ю.Ф., Олимпиев В.В. Промышленное применение интенсификации теплообмена – современное состояние проблемы (обзор) // Теплоэнергетика. 2012. № 1. С. 3-17.

2. Фарахов Т.М., Афанасьев Е.П., Лаптев А.Г. Физическое и математическое моделирование теплообменных характеристик каналов с хаотичными насадками/ Вестник КГЭУ, 2019, Том 11 №1 (41). С. 51-59

3. Гильфанов К.Х., Богданова Н.В., Насибулина Р.Ж., Гафарова Л.И. Численное исследование нестационарного течения жидкости в нефтяной скважине/ Вестник Казанского государственного энергетического университета. Казань:, КГЭУ, 2012, № 3 (14). - С. 25-34

4. Гильфанов К.Х., Подымов В.Н., Минвалеев Н.Ю., Сибгатуллин И.Ф., Гайнуллин Р.Н. Амплитудно-фазовые частотные характеристики гидродинамических и тепловых параметров в коротком цилиндрическом канале / Изв. вузов. Проблемы энергетики, 2014, № 11-12, С. 81-88.

5. Гильфанов К.Х., Якимов Н.Д., Минвалеев Н.Ю., Шешуков Е.Г., Богданова Н.В. Нестационарные трение и теплообмен в начальном участке трубопровода при сбросе тепловой нагрузки/ Изв. вузов. Проблемы энергетики, 2018, Т. 20 № 5-6, С. 22-28.

УДК 620.179

КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА И ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩИМ СПОСОБОМ

Гарнышова Елена Владимировна[1], Измайлова Евгения Вячеславовна[2],
Ваньков Юрий Витальевич [3]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

Аннотация: Для повышения энергоэффективности и продления срока службы поверхностей теплообмена и трубопроводных систем, которые в процессе эксплуатации обрастают коррозионно-накипными отложениями, необходимо своевременно проводить контроль неразрушающими методами. Наличие отложений изменяет толщину, массу и, следовательно, собственные частоты колебаний. Имея «акустический паспорт» изделия, зная текущие частоты колебаний контролируемых поверхностей, можно выявлять отложения и устранять их.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, поверхность теплообмена, отложения, метод свободных колебаний.

CONTROL OF HEAT TRANSFER SURFACES AND PIPING SYSTEMS NON-DESTRUCTIVE METHOD

Garnyshova Elena Vladimirovna[1], Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna[2]
Vankov Yuri Vitalevich[3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

Annotation: *To improve energy efficiency and extend the service life of heat exchange surfaces and piping systems, which in the process of operation are fouled with corrosion and scale deposits, it is necessary to carry out timely control by nondestructive methods. The presence of deposits changes the thickness, mass and, consequently, the natural frequencies of oscillations. Having the "acoustic passport" of the product, knowing the current vibration frequencies of the controlled surfaces, it is possible to identify deposits and eliminate them.*

Keywords: *non-destructive testing, heat exchange surface, deposits, method of free vibration.*

Причиной снижения экономичности, надежности, нарушения или даже прекращения работы теплоэнергетического оборудования и трубопроводных систем являются поверхностные явления, самопроизвольно возникающие в результате контакта конструкционных материалов с водой и ее примесями [1, 2]. Являясь следствием тепловых, гидродинамических, химических и электрохимических процессов эти явления приводят к различным видам коррозионного разрушения

конструкций, в том числе и утонение стенок, образованию сквозных отверстий, накипных отложений и шлама. Отложения могут представлять собой инородные материалы, продукты износа или натуральные отходы, например, кальций, воск, гидраты, накипь, нафтенат и асфальтены.

Задачей исследования является разработка неразрушающего способа контроля поверхностей теплообмена и трубопроводных систем, основанного на методе свободных колебаний, а целью – снижение трудоемкости их контроля состояния.

Авторами было создано устройство (рис. 1), реализующее предлагаемый неразрушающий способ контроля [3–5].

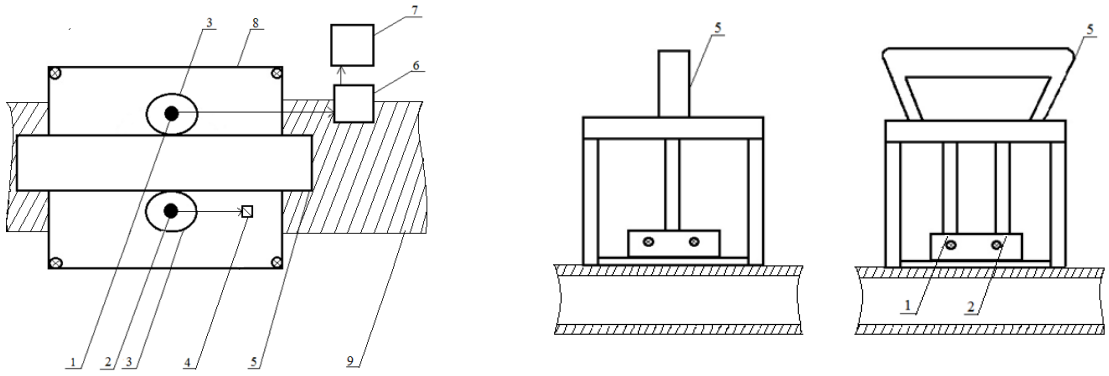


Рис. 1. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена

На рис. 1 цифрами обозначены: 1 – пьезоэлектрический датчик; 2 – ударник; 3 – отверстия; 4 – тумблер; 5 – ручка; 6 –аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 7 – персональный компьютер (ПК); 8 – корпус; 9 – поверхность теплообмена или трубопровод.

Этот способ реализуется следующим образом: на поверхность теплообмена или трубопроводную систему 9 устанавливается устройство, на корпусе 8 которого находятся два отверстия 3, тумблер 4 и ручка 5, с помощью которой происходит его перемещение. В первом отверстии располагается ударник 2, управление которым осуществляется с помощью тумблера 4, имеющего два положения ВКЛ/ВЫКЛ. Во втором отверстии располагается пьезоэлектрический датчик 1, соединенный с АЦП 6. Корпус устройства 8 устанавливают на первый диагностируемый участок поверхности теплообмена. Далее при нажатии тумблера 4 в положение ВКЛ, ударник 2 возбуждает колебания на поверхности теплообмена, пьезоэлектрический датчик 1 принимает аналоговый сигнал. Далее нажимается тумблер 4 в положение ВЫКЛ. После возбуждения колебаний аналоговый сигнал с пьезоэлектрического датчика 1 поступает на АЦП 6, на выходе которого цифровой сигнал попадает в оперативную память ПК 7, где в виде файла на жесткий диск записывается посредством специального программного обеспечения, и подвергается дальнейшей

обработке.

Таким образом, неразрушающий способ контроля поверхностей теплообмена и трубопроводных систем заключается в записи сигналов свободных колебаний изделия с отложениями и сравнении их с сигналами свободных колебаний без отложений, и по этому сравнению судят о наличии и толщине отложений. Наличие отложений изменяет толщину, массу изделий и, следовательно, собственные частоты колебаний. Имея «акустический паспорт» изделия, зная текущие частоты колебаний контролируемых поверхностей, можно определить наличие и толщину отложений. Своевременный контроль поверхностей теплообмена, выявление отложений и его чистка позволяет повысить энергоэффективность, продлить срок службы.

Источники

1. Izmaylova E.V., Politova T.O., Garnyishova E.V., Garifullin M.Sh. Control of the condition of heat exchange surfaces by free vibration method / Water Power Energy Forum 2018, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012091. doi:10.1088/1755-1315/288/1/012091.
2. Izmailova E.V., Garnyshova E.V., Kazakov R. B., Serov V.V. Determination of the sediment thickness on the heat-exchange surfaces by free vibration method // Smart Energy System – 2019. E3S Web of Conferences 124, 05069 (2019). https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405069.
3. Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В., Гарнышова Е.В., Зиганшин Ш.Г. Патент на полезную модель № 198469, МПК G01B 5/00 «Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена» от 13.07.2020.
4. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена // V Национальная научно–практическая конференция «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и ЖКХ». – Казань: КГЭУ, С. 668-671.
5. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // ИЗВУЗ. ПЭ, 2020. Т. 22. № 4. С. 106-114.

УДК 629.78

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОБИТАЕМОЙ ЛУННОЙ БАЗЫ

Гилязетдинов Нияз Римович[1], Кариева Лиана Ильдаровна[2],
Кондратьев Александр Евгеньевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]niyaz081100@inbox.ru, [2]kariyeval@gmail.com, [3]aekondr@mail.ru

Аннотация: Одной из основных задач современного мира является покорение космоса и колонизация планет. Но для того чтобы понять, как все устроено в космосе, необходимо начать изучение с ближайших объектов. Луна может послужить местом для отработки технологий полетов к более дальним объектам Солнечной системы и построений различных станций и баз.

Ключевые слова: ближний космос, обитаемая станция, теплоснабжение, солнечная радиация, тепловая изоляция.

ENSURING THE THERMAL REGIME OF THE HABITABLE BASE ON THE MOON

Gilyazetdinov Niyaz Rimovich[1], Kariyeva Liana Ildarovna[2],
Kondratiev Alexander Evgenievich[3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]niyaz081100@inbox.ru, [2]kariyeval@gmail.com, [3]aekondr@mail.ru

Abstract: *One of the main problems of the modern world is the conquest of space and the colonization of planets. But to understand how everything works in space, it is necessary to start the study from the nearest space objects. The Moon can become a place for testing flight technologies to more distant objects in the Solar system and building various stations and bases.*

Keywords: *near space, habitable station, heat supply, solar radiation, thermal insulation.*

Человечество по мере развития науки и космонавтики стремится все больше и больше покорить глубины космоса. Но для более объективных знаний необходимо начинать изучение с ближайших объектов. Возможно, самым простым и очевидным первым вариантом экспериментальной обитаемой базы будет на Луне [1].

Луна – это единственный естественный спутник Земли, который является самым ближайшим небесным телом.

Луна состоит из коры, верхней, средней и нижней мантий и ядра. Атмосфера практически отсутствует. Вследствие этого ее поверхность полностью покрыта кратерами в результате столкновения с небесными телами. Разрушительная сила метеоритов оставляет кратеры, диаметры которых могут достигать до 500 км. Основываясь на статистике, можно сделать выводы, что в течение двух лет было зарегистрировано более 100 падений небольших метеоритов на Луну [2].

Верхний слой Луны состоит из реголита - смесь пыли и скалистых обломков, которые образовались из-за столкновений метеоритов со спутником. Он покрывает практически всю лунную поверхность слоем до 5 метров, в некоторых районах толщина слоя достигает 15 метров. Также на Луне имеются полезные ископаемые: железо, алюминий, титан. А в самом реголите накоплен редкий на нашей планете изотоп гелий-3, который может использоваться как топливо для перспективных термоядерных реакторов [3].

Несмотря на то, что наш спутник находится на одинаковом с Землей расстоянии от Солнца, температура на Луне очень сильно колеблется, вследствие разреженной атмосферы. На темной стороне Луны температура может достигать до –173 °С, а на стороне, расположенной к Солнцу, до +127 °С в зависимости от степени освещённости. Температура лунных пород на глубине 1 метр постоянно держится –35°С. Это связано с высокой плотностью пород. Практически на всей Луне сохраняется вечная мерзлота, и даже днем породы не прогреваются до показателей выше –5°С [4].

Если рассматривать проекты создания лунных станций, то одной из важнейших проблем будет поддержание постоянного температурного режима, потому в выборе места существует два варианта: расположить станцию на поверхности Луны или же под ее поверхностью. Первый вариант технологически проще, но он имеет ряд недостатков. Во-первых, частое падение метеоритов и астероидов, которые оставляют глубокие кратеры. Во-вторых, сильные колебания температур, что влечет за собой большие затраты энергий на поддержание постоянной температуры внутри станций. В-третьих, повышенный радиационный фон на поверхности спутника. А также, сильная уязвимость солнечным ветрам, которые могут причинить сильный ущерб электронике [5].

Учитывая постоянство температур под лунным грунтом, целесообразно размещать станцию на глубине не менее 1 метр, что обеспечивает надежную защиту как от перепада температур, так и от воздействия солнечной радиации. При таком расположении возможно

использовать известные земные технологии и материалы для постройки станции, что существенно облегчит процесс колонизации Луны. Обеспечение тепловой энергией осуществляется с помощью солнечных коллекторов [6].

Таким образом, для науки в предполагаемом будущем важно разработать оборудование, которое за небольшое время поможет людям построить станцию под поверхностью Луны, кроме того, усовершенствовать существующие земные технологий.

Источники

1. Сергеева Д.В. Особенности обеспечения жизнедеятельности на лунной станции // Тинчуринские чтения : Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 147-150.

2. Сергеева Д.В. Тепловая конструкция для обеспечения базы под реголитом // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов, Москва, 12–13 марта 2020 года. Москва: 2020. С. 1131.

3. Юсупов И.Ф. Обеспечение теплового режима функционирования лунной станции // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2018. № 1. С. 180-182.

4. Сергеева Д.В. Обеспечение теплового режима обитаемой лунной станции // Теплоэнергетика: Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. В 6-ти томах, Иваново, 07–10 апреля 2020 года. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2020. С. 118.

5. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25-27.

6. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 181-182.

УДК 697.341+697.343

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ С УСТАНОВЛЕННОЙ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТЬЮ 16 МВт

Данов Евгений Борисович[1], Валиев Радик Нурттинович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]mazanna1975@yandex.ru, [2]valievkgeu@yandex.ru

Аннотация: В статье описана последовательность и представлены результаты выполнения наладочных работ на тепловых сетях системы теплоснабжения от блочно-модульной котельной с установленной тепловой мощностью 16 МВт с использованием программно-расчетного комплекса *ZuluThermo*.

Ключевые слова: система теплоснабжения, блочно-модульная котельная, тепловые сети, наладка, моделирование, *ZuluThermo*.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF WORKING THE HEAT SUPPLY SYSTEM FROM A BLOCK-MODULAR BOILER HOUSE WITH INSTALLED HEATING CAPACITY OF 16 MW

Danov Evgeniy Borisovich[1], Valiev Radik Nurtinovich[2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]mazanna1975@yandex.ru, [2]valievkgeu@yandex.ru

Abstract: *the article describes the sequence and presents the results of adjustment works on heat supply networks from a block-modular boiler house with installed heat capacity of 16 MW using the ZuluThermo software-calculation package.*

Keywords: *heat supply system, block-modular boiler house, heat networks, adjustment, modelling, ZuluThermo.*

Актуальность. Блочно-модульные котельные (БМК) широко применяются там, где нет возможности подключения потребителей к ТЭЦ [1]. Потребители, если их несколько, подключаются к БМК посредством наружных тепловых сетей. Количество подключенных потребителей в процессе жизнедеятельности может изменятся, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. В таких случаях, при отсутствии ограничителей и регуляторов расхода на вводах у абонентов, могут возникать перетопы, когда на объекте становиться слишком жарко (абоненты рядом с котельной) или недотопы, когда становиться слишком холодно (абоненты удалены от котельной на значительное расстояние). То

есть при изменении режима теплопотребления система теплоснабжения начинает работать с характеристиками, отличными от проектных [2].

Исходные данные. Тепловые сети: водяные двухтрубные. Система горячего водоснабжения: закрытая. Регулирование тепловой нагрузки: по температурному графику 130/70 °С без срезки. Подключение потребителей теплоты на абонентских вводах: зависимое и независимое.

Методы. Наладочный расчет тепловых сетей является одним из методов, применяемых для анализа и повышения эффективности работы системы теплоснабжения при проведении наладочных работ [3]. Наладочные работы обычно выполняются в 5 этапов: 1) сбор исходных данных о системе теплоснабжения; 2) анализ исходных данных и определение режимов работы оборудования; 3) выявление слабых мест и разработка плана проведения наладочных мероприятий; 4) определение готовности системы теплоснабжения к процедуре наладки; 5) наладка работы системы теплоснабжения. Конечной целью наладки является надежная и качественная работа всех элементов системы теплоснабжения с потерями, не превышающими нормативные значения [4].

Результаты. Моделирование режимов работы выполнено в программно-расчетном комплексе (ПРК) ZuluThermo [5]. Составлена расчетная модель тепловой сети, заполнена информационная база данных, выполнены необходимые расчеты, определены требуемые наладочные характеристики. Для наглядности, в качестве примера, на рис.1 и рис.2, приведены пьезометрические графики от БМК-16 МВт до общежития №1.



Рис. 1. Пьезометрический график до наладки

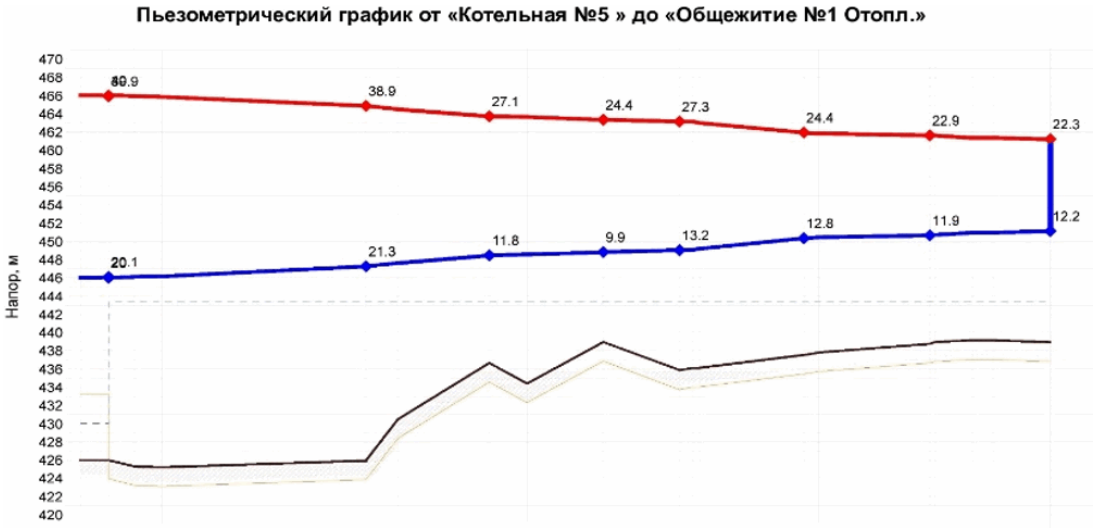


Рис. 2. Пьезометрический график после наладки

Наладка позволила уменьшить потери давления в тепловых сетях и увеличить располагаемый перепад давления на абонентских вводах, абоненты получили требуемое количество тепловой энергии, температура внутреннего воздуха помещений соответствует нормам.

Источники

1. Ениватов А.В., Артемов И.Н., Неясов А.С. Оптимизация топливоиспользования в блочно-модульных котельных // Инженерный вестник Дона. 2019. №1 [Электронный ресурс]. Доступно по: URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2019/5672 (дата обращения: 12.06.21).

2. Чипулис В.П. Выбор и оценка эффективности регулирования режимов теплопотребления // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 193-197.

3. Малахов П.И., Гущин А.С., Семиненко С.В., Киреев В.М.. Влияние подключения новых потребителей на гидравлическую устойчивость тепловых сетей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №8. DOI: 10.12737/article_5968b65e68.85903478.

4. Соломонов М.П., Пахомов А.А.. Потенциал энергосбережения в отпущенной тепловой энергии и в отоплении зданий северного региона // Теоретическая и прикладная экономика. 2020. №1. DOI: 10.25136/2409-8647.2020.1.321745.

5. Глухов С.В., Чичерин С.В.. Методика оптимизации распределительной тепловой сети // Вестник Чувашского университета. 2017. №3.

УДК 658.264:621.577 / ББК 31.38

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ

Даутов Руслан Радикович[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gluza.dautova@ya.ru, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены тепловые насосы, использующиеся как альтернативный способ теплоснабжения жилых домов, показаны их основные преимущества и недостатки в качестве генераторов тепловой энергии. Также были определены наиболее подходящие виды тепловых насосов, которые смогут обеспечить жилое здание теплом в холодное время года.

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальная энергия, возобновляемые источники, система теплоснабжения.

PROSPECTS FOR USING HEAT PUMPS FOR HEATING RESIDENTIAL BUILDINGS IN RUSSIA

Dautov Ruslan Radicovich[1], Kondratyev Alexander Evgenievich [2]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gluza.dautova@ya.ru, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *The article discusses heat pumps used as an alternative method of heating residential buildings, shows their main advantages and disadvantages as generators of thermal energy. The most suitable types of heat pumps were also identified, which can provide a residential building with heat in the cold season.*

Key words: *heat pump, low-potential energy, renewable sources, heat supply system.*

В настоящее время всё большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии. Это объясняется уменьшением мировых запасов органического топлива, загрязнением их выбросами окружающей среды, а также другими немаловажными проблемами. Достойной альтернативной традиционным источникам может стать возобновляемая тепловая энергия низких потенциалов. Устройством, способным преобразовывать данный вид в высокопотенциальную энергию является тепловой насос.

Для России особенно актуальна проблема отопления жилых домов из-за нахождения в зоне с суровыми климатическими условиями. Данную проблему также можно решить с помощью тепловых насосов [1].

Тепловой насос позволяет использовать низкопотенциальную теплоту искусственных источников – сбросов тепла от различных производств, коммунальных стоков, вентиляционных выбросов, а также естественных – грунтовых, поверхностных вод, атмосферного воздуха и земли [2].

В зависимости от принципа работы тепловые насосы делятся на компрессионные и абсорбционные. Первый тип насосов всегда приводится в действие с помощью электрической энергии. Абсорбционные же тепловые насосы могут использовать в качестве источника вторичное тепло.

Принцип работы парокомпрессионного теплового насоса состоит в следующем: в испарителе, происходит испарение рабочей жидкости теплового насоса – хладагента, при этом тепло забирается из низкопотенциального источника. Затем, при помощи компрессора, пары рабочей жидкости сжимаются до определенного давления и температуры. Они перемещаются в конденсатор, превращаются в воду, отдавая тепло на использование в отоплении и горячем водоснабжении жилого здания. Далее, пройдя через расширительный клапан и сбросив свое давление и температуру жидкий хладагент возвращается в испаритель и цикл повторяется [3].

По источнику отбора тепла тепловые насосы делят на геотермальные, использующие тепло земли или подземных вод, воздушные, где источником отбора тепла является окружающий воздух, водные, а также на тепловые насосы, использующие вторичное тепло. Для геотермальных теплонасосных установок используется либо горизонтальный коллектор, который размещается ниже глубины промерзания грунта, либо вертикальный коллектор, размещающийся в скважинах большой глубины. Второй вариант является наиболее эффективным для теплоснабжения жилого дома в зимнее время, так как на большой глубине находятся грунтовые воды, тепло которых круглогодично не изменяется и постоянно имеет температуру 8-12 °С [4].

Наименее эффективным для условий России является использование воздушных тепловых насосов для теплоснабжения жилых зданий. Это обусловлено нестабильностью температуры наружного воздуха. В наиболее холодные дни применение данного типа агрегатов нецелесообразно, так как чем ниже температура низкопотенциального источника, тем ниже эффективность теплового насоса [5].

Широкому распространению теплонасосных установок препятствует недостаточная информированность населения и высокие первоначальные

капиталовложения. Однако мировой опыт использования данной технологии показывает её целесообразность, окупаемость и высокую эффективность [6].

Источники

1. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107-108.

2. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

3. Гатауллина И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

4. Сабирова Л.Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 203-205.

5. Даутов Р.Р. Модернизация системы теплоснабжения с применением теплового насоса // Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 114-116.

6. Акбуляков А.Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 5-6.

УДК 621.577 / ББК 31.38

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА И СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Даутов Руслан Радикович[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gluza.dautova@ya.ru, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются перспективы и целесообразность применения теплового насоса совместно с солнечными батареями в качестве энергетически эффективной системы теплоснабжения жилого частного дома, а также приводятся основные достоинства такой совместной системы.

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальная энергия, солнечная батарея, возобновляемая энергия.

RESIDENTIAL BUILDING HEAT SUPPLY SYSTEM USING A HEAT PUMP AND SOLAR BATTERIES

Dautov Ruslan Radicovich[1], Kondratyev Alexander Evgenievich [2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gluza.dautova@ya.ru, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *This article discusses the prospects and feasibility of using a heat pump together with solar panels as an energy efficient heat supply system for a residential private house, and also provides the main advantages of such a joint system.*

Key words: *heat pump, low-potential energy, solar battery, renewable energy.*

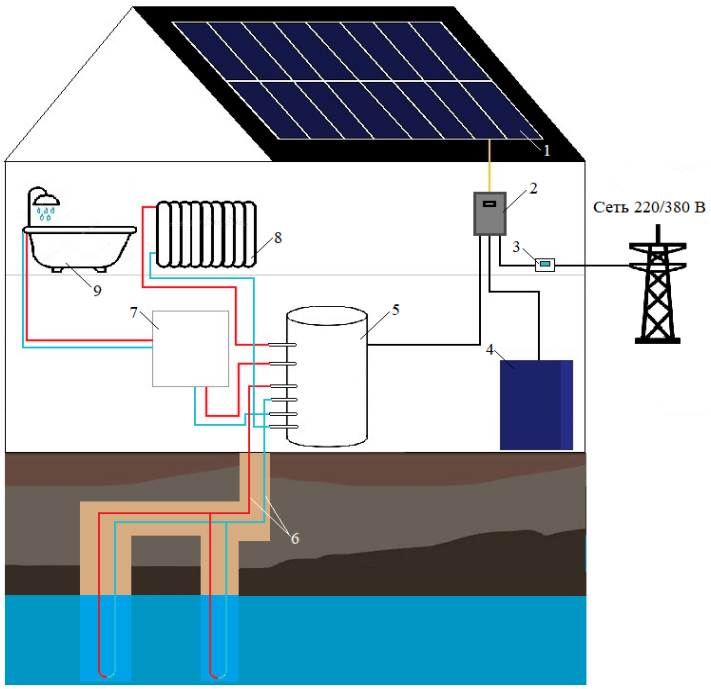
В настоящее время все более перспективным направлением в теплоснабжении становится применение возобновляемых источников тепловой энергии. Это связано с рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов, а также с воздействием на окружающую среду.

Одним из современных и экономичных способов получения тепла и горячей воды является применение теплового насоса. Принцип действия установки заключается в следующем: в контуре теплового насоса циркулирует хладагент, чаще всего в его качестве выступает фреон. Он вскипает, получая некоторое количество теплоты в испарителе, далее по трубопроводу попадает в компрессор. Тут идет процесс сжатия газообразного фреона до высокого давления. Затем хладагент в виде горячего газа попадает в конденсатор. Здесь он отдаёт своё тепло

теплоносителю, который циркулирует в системе теплоснабжения, затем переходит в жидкое состояние. После прохождения фреона через дроссельный клапан, его давление сбрасывается и цикл повторяется [1].

По источнику низкопотенциальной теплоты тепловые насосы подразделяются на несколько видов: использующие тепло окружающего воздуха, водоемов, грунтовые (почва и подземные воды), а также тепло сточных вод, вентиляционных выбросов и т.п. [2].

С покрытием большей части электроэнергии для привода теплового насоса могут справиться солнечные батареи – устройства, солнечную энергию в постоянный электрический ток [3]. Для преобразования этого тока в переменный, используется инвертор. Другое устройство – контроллер – позволяет подзарядить аккумуляторы (накопители электрической энергии), не допуская перегрузок [4]. Такая комбинированная система предусматривает не только получение тепловой энергии из возобновляемых источников, но и частичную независимость отопления дома от общей электросети. Схема данной системы теплоснабжения выглядит следующим образом:



Принципиальная схема системы теплоснабжения жилого дома с тепловым насосом и солнечной батареей: 1 - солнечные батареи; 2 - инвертор; 3 - контроллер; 4 - аккумуляторы; 5 - геотермальный тепловой насос; 6 - вертикальные зонды; 7 - буферная ёмкость; 8 - отопительные приборы; 9 - система ГВС

Тепловой насос в данной системе может служить главным теплогенератором, который полностью будет обеспечивать частный дом отоплением и горячим водоснабжением. В случае недостаточной тепловой мощности агрегата в качестве резервного оборудования рекомендуется использовать твердотопливный или электрокотел [5].

Данный способ альтернативного теплоснабжения имеет большие преимущества над традиционными системами: высокая надежность установок, пожаробезопасность, отсутствие вреда на экологию и главное – использование возобновляемых и неисчерпаемых источников энергии [6].

Источники

1. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

2. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107-108.

3. Фаритова А.А. Использование солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 147-149.

4. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25-27.

5. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: КГЭУ 2018. С. 181-182.

6. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2018. С. 160-162.

УДК 620.179.1

МЕТОД ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА ГАЗОВОЙ АРМАТУРЫ

Загретдинов Айрат Рифкатович[1], Рахимов Рафаэль Рузилович[2],
Хасанов Нияз Айратович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*azagretdinov@yandex.ru*

Аннотация: Статья посвящена исследованию возможности применения SR-метода для контроля герметичности затвора газовой арматуры. SR-метод основан на статистическом анализе одномерных рядов. Проведены экспериментальные исследования, представлены основные результаты.

Ключевые слова: виброакустический контроль, газовая арматура, течь, SR-метод.

METHOD OF VIBROACOUSTIC CONTROL OF THE TIGHTNESS OF THE GAS VALVE GATE

Zagretdinov Ayrat Rifkatovich[1], Rakhimov Rafael Ruzilovich[2], Hasanov Niyaz Ayratovich[3]
[1,2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*azagretdinov@yandex.ru*

Abstract: *The article is devoted to the study of the possibility of using the SR-method to control the tightness of the gas valve gate. The SR method is based on statistical analysis of one-dimensional series. Experimental studies have been carried out, the main results are presented.*

Keywords: *vibroacoustic control, gas fittings, leak, SR-method.*

Для контроля герметичности затвора арматуры широко применяется акустический метод течеискания [1–3]. Он основан на индикации акустических колебаний, возбуждаемых в объекте при вытекании рабочей среды через неплотность. Для контроля герметичности затвора газовой арматуры широко применяются датчики акустической эмиссии [3, 4]. Как правило, негерметичность обнаруживается по росту амплитуды диагностического сигнала. Однако такой подход к анализу виброакустических сигналов имеет существенный недостаток. Амплитуда сигнала при малых расходах утечки может оставаться практически неизменной, а при значительной утечке вновь упасть [2]. Это существенно снижает достоверность контроля.

В связи с этим требуется поиск новых методов анализа виброакустических сигналов. Целью работы является экспериментальное исследование возможности применения SR-метода для контроля герметичности затвора газовой арматуры

SR-метод основан на статистическом анализе одномерных рядов. На основе метода созданы идентификационные шкалы, которые позволяют классифицировать сигналы по их форме и закону распределения [5].

Пусть имеется дискретный ряд наблюдений $\{x_1, x_2, \ldots, x_N\}$ некоторой величины X объема N. Параметр SR вычисляется по формуле:

$$SR = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\left|x_i - X_0\right| + \sigma\right)}{\max\limits_{1\le i\le N}\{x_i\} - \min\limits_{1\le i\le N}\{x_i\}},$$

где X_0 – среднее арифметическое ряда, σ – среднеквадратическое отклонение ряда.

Экспериментальные исследования проводились на компрессорной установке Air Cast СБ4/С-50.LH20A. К патрубку ресивера компрессора были присоединены манометр, задвижка и труба.

Для регистрации виброакустического сигнала применялась измерительная система, структурная схема которой представлена на рисунке 1.

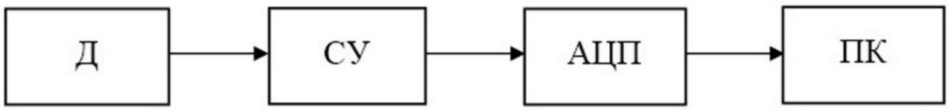


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы:
Д – датчик акустической эмиссии GT350, СУ – согласующее устройство AG09; АЦП– аналого-цифровой преобразователь Hantek 6022BE, ПК – персональный компьютер с установленным пакетом программ

Эксперименты проводились в следующей последовательности. На трубе рядом с задвижкой устанавливался датчик акустической эмиссии. При полном закрытии задвижки в ресивере компрессора создавалось избыточное давление 6 бар. Открывался затвор задвижки на заданную величину, записывалось 10 сигналов длиной 112640 отсчетов с частотой дискретизации 1 МГц. Проведена серия экспериментов с разной величиной открытия затвора задвижки. Для регистрации и анализа сигналов

применялся пакет программ, написанный в среде программирования LabView.

На рисунке 2 представлены значения параметра *SR* для сигналов, полученных при разной величине открытия затвора задвижки.

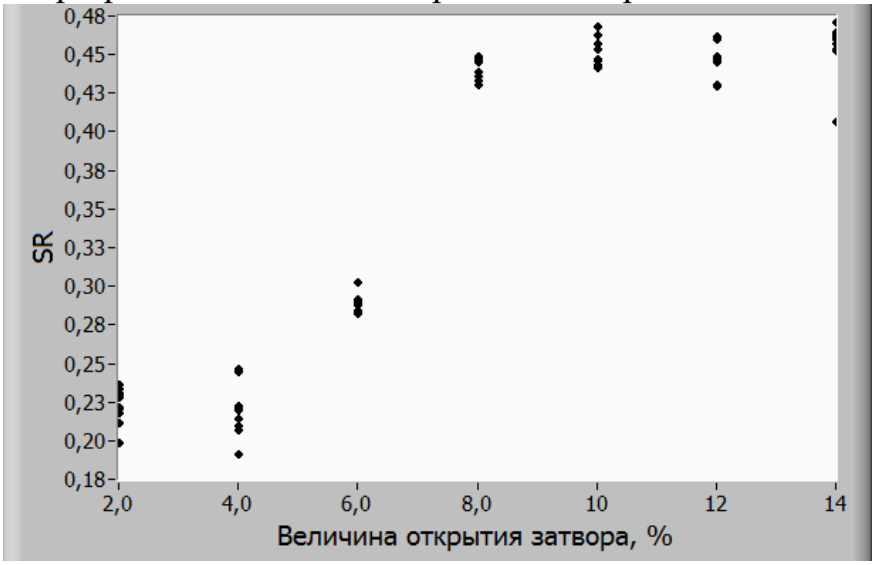


Рис. 2. Изменение параметра *SR* от величины открытия затвора задвижки

Исследования подтвердили возможность применения SR-метода для контроля герметичности затвора газовой арматуры. Показатель *SR* возрастает с увеличением протечки газа.

Источники

1. Притужалов А.Д., Капитонов Н.Л., Воронцов А.В., Капитонов А.М. Контроль утечек в трубопроводной арматуре в процессе эксплуатации // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2012. №3. С. 50-53.

2. Zagretdinov A. R., Kazakov R. B., Mukatdarov A. A. Control the tightness of the pipeline valve shutter according to the change in the Hurst exponent of vibroacoustic signals // E3S Web of Conferences. 2019. №124. 03005.

3. Бабенков М.В., Копытов Д.В., Гуревич Д.В., Кузнецов М.Н. Экспериментальное исследование параметров акустической эмиссии течи в задвижках фонтанных арматур // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2015. №11. С. 12-14.

4. Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Выделение сигналов акустической эмиссии на фоне шумов вейвлет фильтрацией // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. №9-10. С. 134-137.

5. Кобенко В.Ю. Идентификационные технологии контроля состояния объектов: методы, модели, устройства: дис. д-р. техн. наук: 05.11.13. Омск, 2018. 490 с.

УДК 621.311.22

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭЦ

Засыпкина Дарья Сергеевна[1], Валиев Радик Нурттинович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]daria.das-kas@yandex.ru, [2]valievkgeu@yandex.ru

Аннотация: в статье описаны результаты анализа технологических процессов, протекающих в элементах систем оборотного водоснабжения ТЭЦ. Предложены методы повышения качества работы систем оборотного водоснабжения за счет очистки элементов, интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения оптимальных параметров оборотной воды и низкого гидравлического сопротивления элементов.
Ключевые слова: энергоэффективность, градирня, оборотное водоснабжение.

IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF WATER RECYCLING SYSTEM OF COMBINED HEAT AND POWER PLANT

Zasypkina Daria Sergeevna[1], Valiev Radik Nurtinovich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1,2]daria.das-kas@yandex.ru, [2]valievkgeu@yandex.ru

Abstract: *The article describes the results of the analysis of technological processes occurring in the elements of combined heat and power plant water recycling systems. Methods to improve the quality of water recycling systems by purifying the elements are proposed, intensification of heat and mass transfer processes, ensuring optimal parameters of recycling water and low hydraulic resistance of elements.*
Keywords: *energy efficiency, cooling tower, recycling water supply.*

Одной из важных задач современной теплоэнергетики является обеспечение экономичной и надежной работы действующих теплоэлектроцентралей, использующих для охлаждения технологических потоков систему оборотного водоснабжения. В этой связи актуальным представляется анализ технологических процессов, протекающих в системах оборотного водоснабжения, проводимый с целью выявления возможностей повышения эффективности работы как отдельных узлов, так и системы оборотного водоснабжения в целом. В статье представлен краткий анализ результатов, полученных при выполнении научно-практической работы на энергоустановках и градирнях Казанской ТЭЦ-3 (АО «ТГК-16», г. Казань, 2020 год).

Основная часть. Экономичность и надежность работы паротурбинных установок теплоэлектроцентрали зависит от величины давления отработанных водяных паров в конденсаторе и температуры используемой для его конденсации среды, что подтверждается результатами, полученными авторами [1, 2]. При эксплуатации турбин рабочее значение глубины вакуума уменьшается из-за присосов воздуха, уменьшения расхода охлаждающей воды, повышения температуры охлаждающей воды, а также из-за снижения чистоты трубной системы конденсаторов вследствие образования термобарьерных отложений на внутренних трубных поверхностях конденсаторов паровых турбин. Загрязнение конденсаторов паровых турбин обусловлено коррозионными, химическими и биологоческими отложениями [3, 4]. Повысить эффективность работы системы оборотного водоснабжения можно следующими мероприятиями [5, 6]: 1) обеспечить достаточный расход охлаждаемой воды; 2) минимизировать технологические затраты на транспортировку воды; 3) обеспечить поддержание необходимой температуры охлаждения оборотной воды; 4) интенсифицировать теплообменные процессы в градирне; 5) уменьшить потери в водоводах и циркуляционных насосах.

Оборотные системы с градирнями эксплуатируются при изменяющихся конденсационных нагрузках паровых турбин и непостоянном солевом составе воды различных потоков, поступающих в оборотную систему [7]. Чтобы исключить образование солевых отложений на внутренних поверхностях оборудования, необходимо: 1) организовать текущий контроль водно-химического режима системы оборотного охлаждения с постоянной корректировкой солесодержания; 2) своевременно выявлять и устранять загрязнения конденсаторов, турбин, сопел и других элементов водоснабжения посредством механической и химической очистки с использованием ингибиторов солеобразования, умягчителей, ингибиторов коррозии, замедлителей биоотложений, как это предлагается в работах [4, 8]. Кроме того, необходимо выполнить нанесение износостойких гидрофобных покрытий на поверхности функциональных элементов градирен, что позволит согласно результатам, полученным авторами [9], значительно снизить гидравлическое сопротивление, влияющее на степень диспергирования и рабочий объём охлаждающей воды.

Выводы. Оборотная вода является важным элементом в составе теплоэлектроцентрали. За счет поддержания оптимального расхода, состава и параметров оборотной воды, предотвращения загрязнения

оборудования и снижения гидравлического сопротивления в градирнях можно значительно улучшить показатели эффективности работы теплоэлектроцентрали и продлить срок службы действующего оборудования.

Источники

1. Система оборотного водоснабжения электростанции с градирней: пат. Рос. Федерация №2350715 С2; заявл. 10.04.07; опубл. 27.03.09, Бюл. № 9.

2. Бушуев Е.Н. Основы математического моделирования химико-технологических процессов водообработки на ТЭС. Иваново: ИГЭУ, 2018. 168 с.

3. Олизарович Е.А. Методы очистки конденсаторов // Актуальные проблемы энергетики – 2016. Материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов (Минск, 2017). Минск: БНТУ, 2017. С. 274-280.

4. Лобанова А.А. Реагентная обработка воды в системах оборотного водоснабжения // Электронная библиотека ЧГУ. Череповец: ЧГУ, 2011, №1. С. 87-88.

5. Орлов М.Е. Повышение эффективности ТЭЦ и подключенных к ним городских теплофикационных систем за счет структурно-технологической модернизации: Автореф. дис. на соиск. ученой степени док. техн. наук. Ульяновск, 2017.

6. Способ и устройство для конденсации отработавшего пара турбины: пат. Рос. Федерация №2514560 С1; заявл. 15.01.13; опубл. 27.04.14, Бюл. № 12.

7. Градирня: пат. Рос. Федерация №2494326 С1; заявл. 17.02.12; опубл. 27.09.13, Бюл. № 27.

8. Наумов А.В. Разработка методов совершенствования систем оборотного водоснабжения с башенными градирнями электростанций для увеличения выработки электроэнергии: Автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. М., 2015.

9. Мошкарин А.В., Калатузов В.А. Современные основы технического перевооружения систем технического водоснабжения тепловых электростанций // Вестник ИГЭУ. Иваново: ИГЭУ, 2008. Вып. 2.

УДК 539.3

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Ибадов Амил Ахлиманович[1], Сергеева Диана Веняминовна[2],
Александр Евгеньевич Кондратьев[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]amil-i@mail.ru, [2]diana_ag@mail.ru, [3]aekondr@mail.ru

Аннотация: В целях осуществления задач дальнейшего повышения безопасности и надежности эксплуатации энергетических трубопроводов, срока их службы, а также предотвращения возможности несанкционированных воздействий, к примеру, врезок, используются различные методы неразрушающего контроля цилиндрических объектов, основывающиеся на технических решениях, отраженных в патентной литературе последних лет. В работе представлен анализ некоторых из работ, описывающих построение физико-математической модели энергетических трубопроводов и цилиндрических объектов.

Ключевые слова: модель, дефект, контроль, волны Лэмба, трубопровод.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR CONSTRUCTING MATHEMATICAL MODELS OF ENERGY PIPELINES

Amil Ahlimanovich Ibadov[1], Diana Venyaminovna Sergeeva[2],
Aleksandr Evgen'evich Kondrat'ev[3]
[1,2,3]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]amil-i@mail.ru, [2]diana_ag@mail.ru, [3]aekondr@mail.ru

Abstract: *In order to fulfill the tasks of the need to increase the safety and reliability of the operation of energy pipelines, their service life, as well as to prevent the possibility of unauthorized influences, for example, inserts, the well-known methods of non-destructive testing of cylindrical objects are used, based on technical solutions reflected in the patent literature of recent years. The paper presents an analysis of some of the works describing the construction of a physical and mathematical model of energy pipelines and cylindrical objects.*

Keywords: *model, defect, monitoring, Lamb waves, pipeline.*

Построение математической модели энергетических трубопроводов и процессов, протекающих в них, позволяет раскрыть суть явлений и предсказать дальнейшее поведение объекта исследования. В свою очередь, сутью обратных задач является определение причин, которые привели к данному результату. Методы обратных задач широко применяются в

дефектоскопии и диагностике. В частности, определение свойств исследуемых трубопроводов и их элементов по собственным частотам колебаний применяется в виброакустической диагностике. Зная собственные частоты, можно не только определить местонахождения объекта, но и выявить дефекты в его структуре [1].

Анализ ряда работ показал, что в настоящее время существуют методики контроля волнами Лэмба, которые позволяют обнаруживать сложно ориентированные поверхностные дефекты, измерять толщину объекта, исследовать механические характеристики материалов. Однако, стоит упомянуть аналогичные исследования ученых, посвятивших свои работы исследованию распространения волн в целях обнаружения дефектов в объектах [2]. К примеру, в рассмотренных работах с помощью акустического сигнала поперечной трещины образца определяется появление возможной трещины, применяя отношение среднего квадратичного значения амплитуд вибраций высших гармоник к среднему квадратичному значению амплитуды звукового сигнала. Отмечено, изменения параметров акустического сигнала при длительном циклическом нагружении образца, прогнозируют о появлении трещины [3].

В статье В.А. Першина описывается прохождение виброакустического сигнала в водопроводе исходя из зависимости радиуса. Сделаны выводы для моды проходящей волны, применяемой для точной регистрации данных вдоль поверхности трубопрода. В статье О.В.Муравьевой анализируется модель контроля цилиндрических поверхностей с применением крутильных волн. Описана модель распространения волн электромагнито-акустическим преобразователем, которая учитывает геометрические параметры трубопровода. Зависимость толщины слоя и диаметра объекта приводит к нелинейному снижению значения амплитуды смещений в волне.

В методе обработки виброакустических параметров волн, описанном в статье Д.М.Швецова применяется среднее значение по времени дисперсии проходящего сигнала. В данной работе применяется описание отношение энергий и усредненное отношение средней частоты волны к частоте фона сигнала. Метод берет свою основу в обработке отраженной виброакустической волны от открытого конца цилиндрического полого объекта [4]. Данный метод наиболее точно применяется для измерения протяженность и диаметр трубопровода, но остается «слепым» на дефекты.

В статье Р.З.Шакуровой, С.О.Гапоненко, А.Е.Кондратьева представлены результаты быстрого преобразования Фурье в экспериментальных исследованиях на трубопроводе из стеклопластика,

которые описывают прохождение колебательной волны через стенку бездефектного и дефектного трубопровода и изменения ее амплитуды [5].

Также значительный вклад в понимание распространения нормальных волн в пластинах внёс А.Р. Загретдинов, получивший впоследствии продолжение при исследование цилиндрических объектов другими авторами, которые отметили точность при использование нормальных волн для определения свойств материалов, либо при поиске дефектов [6].

Источники

1. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Петрушенко Ю.Я. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. № 2. С. 55-57.

2. Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Кузнецов С.П. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1(57). С. 36-38.

3. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. Применение вейвлет-анализа для определения дефектов подшипников качения // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2008. № 3. С. 29-31.

4. Гапоненко С.О., Ибадов А.А., Кондратьев А.Е. Определение информативных частотных диапазонов для контроля местоположения заглубленных трубопроводов // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 68-71.

5. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(6):188-201.

6. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1(31). С. 27.

УДК 504.064.4:621.184

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Иванов Данила Валерьевич[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2],
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ivanovdanila562@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: Отличие биогаза от природного газа. Изменения конструкции и режимов подачи топлива для использования биогаза в горелочных устройствах, предназначенных для сжигания природного газа. Совместное и раздельное сжигание природного газа и биогаза.

Ключевые слова: биогаз, горелочные устройства, котлы, критерии подобия.

LANDAGE GAS USE EQUIPMENT

Ivanov Danila Valerievich[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2],
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ivanovdanila562@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

***Abstract**: The difference between biogas and natural gas. Changes in the design and fuel supply modes for the use of biogas in burners intended for combustion of natural gas. Joint and separate combustion of natural gas and biogas.*

***Key words**: biogas, burners, boilers, similarity criteria*

Использование биогаза крайне ограничено в промышленных масштабах, поэтому биогаз подают в котлы и горелочные устройства, которые предусмотрены для сжигания природного газа [1]. Специальные устройства, разработанные для биогаза применяются крайне редко. Рассмотрим возможное использование существующих горелочных устройств и котлов, разработанных под стандартный газ, для сжигания биогаза [2].

Источник	Состав газа, % (об.)						Рассчитанные величины		
	CH4	C2H6	CO2	N2	O2	H2S	Uн,см/с	рг,кг/нм^3	Qнр, кДж/нм
Природный газ (стандартный)	98	2	0,84	1,05	-	-	38	0,77	36757
Очистные сооружения (биогаз)	67,75	-	31,75	0,48	0,425	-	21	1,05	22412
Спиртзавод (биогаз)	69.3	-	30,2	0,2	0.3	-	23	1,1	24890

Животноводческая ферма (биогаз)	69,44	-	30,36	0,09	-	0,11	23	1,1	24941

Из таблицы видно, что основное отличие в составе биогаза составляет наличие более 30 % CO2, что влияет на плотность, теплотворность газов и нормальную скорость распространения пламени [3].

Таким образом при переводе горелочных устройств природного газа на сжигание биогаза, мы сталкиваемся с главными проблемами. Скорость распространения пламени биогаза, что существенно ниже по сравнению с природным газом. Дальнобойность струи биогаза в 1.38 раза больше, чем у природного газа, из-за чего при горении возникает нарушение распределения струй в воздушном потоке, снижение устойчивости горения и склонности к отрыву факелах [4]. Также для обеспечения нужного расхода топлива диаметр сопловых отверстий горелочного устройства следует увеличить примерно в 1.5 раза, как и объем подаваемого газа [5].

Для надежного использования биогаза в системе теплоснабжения рекомендуются устройства, позволяющие использовать как биогаз, так и природный газ (в случае необходимости) из-за непостоянных объемов получаемого газа в следствие особенности процесса его получения [6].

Таким образом необходимо рассмотреть и привлечь большее внимание к возможной экономии газа в устройствах за счет разработки новых устройств для использования биогаза и совместного использования его с природным газом [7].

Источники

1. Мустафина Г.Р. Эффективность использования биогаза // Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань. 2021. С. 144-146.

2. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях : Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11-12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. С. 150-151.

3. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Патент № 2422385 C1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получени ем биогаза: № 2009144467/05 : заявл. 30.11.2009 : опубл. 27.06.2011.

4. Калачева С.Р., Кондратьев А.Е. Патент на полезную модель № 105449 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/22. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза : № 2011102657/ 05: заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011 /; заявитель ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ).

5. Мустафина Г.Р. Анализ систем сжигания биогаза // Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конфе ренции. В 3-х томах, Казань, 28-30 апреля 2021 года / Под общей редакцие й Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 142-144.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.

УДК: 504.064.4:621.184

ПРЕИМУЩЕСТВА БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Иванов Данила Валерьевич[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2],
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ivanovdanila562@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: преимущества биогазовой энергетики, способы развития биогазовой энергетики, причины перехода на биогаз.
Ключевые слова: биогазовая энергетика

ADVANTAGES OF BIOGAS ENERGY

Ivanov Danila Valerievich[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2],
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ivanovdanila562@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

***Abstract**: advantages of biogas energy, ways of developing biogas energy, reasons for switching to biogas.*
***Key words**: biogas energy*

В настоящее время биогаз находит все большее применение, многие промышленные организации как малые, так и большие, рассматривают возможность использования переработанного органического сырья для получения биогаза как дополнительного или основного топлива. Для этой цели рассматриваются следующие причины [1].

1. Высокая стоимость природного газа, которая с каждым годом приближается к европейским ценам.

2. Повышенное внимание к выбросам парниковых газов, в первую очередь CO_2, CH_4.

3. Очистка остаточных продуктов, городских и промышленных сточных вод [2].

Способствует этому хорошая доступность сырья, с помощью биогаза появляется возможность получения разных видов энергоресурсов: топлива, тепловой энергии, электроэнергии [3]. Собственная автономная биогазовая установка на любом хозяйственно предприятии позволит избавиться от зависимости растущей стоимости газа, тепла и электроэнергии, а также возможных прерываниях в поставках сетевых энергоресурсов, значительно

повысится конкурентоспособность производителей сельхозпродукции, что позволит снизить экологическую нагрузку [4].

Для успешного начала развития биогазовой энергетики необходимо принять следующие меры:

– разработать программу развития биогазовой энергетики и повсеместно применять биогазовые технологии. Принятие подобной программы значительно облегчит привлечение спонсоров к финансированию проектов [5];

– провести запуск нескольких проектов в области биогазовых технологий, с применением наиболее перспективных технологий и новейших разработок;

– разработать комплекс мер по содействию привлечения финансирования в биогазовые проекты, включая более жесткий экологический контроль, а также контроль за использованием земель сельхозназначения [6].

В условиях стремительного роста промышленных технологий, увеличения объема промышленных и бытовых отходов, значительная часть которых носит органический характер, возможность использования таких отходов весьма актуальна [7].

Источники

1. Мустафина Г.Р. Эффективность использования биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 144-146.

2. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11-12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. С. 150-151.

3. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Патент № 2422385 C1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2009144467/05 : заявл. 30.11.2009 : опубл. 27.06.2011.

4. Калачева С.Р., Кондратьев А.Е. Патент на полезную модель № 105449 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/22. Лабораторная

установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза : № 2011102657/05 : заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011 /; заявитель ГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет».

5. Мустафина Г.Р. Анализ систем сжигания биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х том ах, Казань, 28-30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 142-144.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.

7. Загретдинова А.Р. Использование биогазовых установок в однородном хозяйстве // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. С. 147-148.

УДК 665.63:544.452.42

ФАКЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Кабатьева Алина Юрьевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]alinochkakabateva@mail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены факельные системы, их разновидности и влияние их использования, способ утилизации попутного газа.
Ключевые слова: Факельная система, попутный газ, сжигание газа.

FLARE INSTALLATIONS IN PRODUCTIO

Kabatyeva Alina Urevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]alinochkakabateva@mail.com, [2]aekondr@mail.ru

Annotation. *Flare systems, their types and the influence of their use, the method of utilizing associated gas are considered.*
Key words: *Flare system, associated gas, gas flaring.*

Производство или добыча многих горючих материалов связаны с тем, что некоторые элементы оборудования промышленных предприятий подвергаются избыточному давлению попутного газа, поэтому для его предотвращения используют предохранительный клапан, время от времени испускающий излишки газа и жидкости. Эти продукты направляются через большие системы труб, называемые факельными коллекторами, на сжигание [1].

Газовый факел или факельная яма – это устройство для сжигания газа, которое используется на промышленных предприятиях, например, нефтеперерабатывающие, химические или газоперерабатывающие заводы. Также такие установки часто встречаются в местах добычи нефти или газа, где есть нефтяные или газовые скважины, буровые установки и свалки. Особое место занимают различные биореакторы [2].

Производственное сжигание представляет собой метод утилизации больших объемов попутного газа на местах нефте- и газодобычи. Процесс сжигания включает в себя очистку газа от жидкостей и твердых частиц, затем выпуск в факельную трубу и сжигание, чаще всего на диффузном огне [3]. Попутный нефтяной газ – это газ, растворенный в нефти. Состоит

из легких углеводородов, таких как метан. Он является сопутствующим продуктом, так как добывается с нефтью.

По конструкции факельные установки можно разделить на 2 вида: открытые и закрытые. Открытая факельная система обеспечивает прямое прохождение газа через трубу, установленную вертикально, высотой не менее 4 м. Закрытый тип мобилен и чаще изготавливается в горизонтальном виде. Также называется наземным. Горизонтальные установки используются для бездымной утилизации аварийных сбросов.

К сожалению, факельные установки несут в себе не только пользу для производства, но и вред для окружающей среды [4].

Горение попутного нефтяного газа вызывает также локальные изменения климата, например, образование кучевых облаков высотой 200 – 300 м и ослабление инсоляции. Снижение инсоляции и устойчиво высокие концентрации загрязняющих веществ в атмосфере неблагоприятно влияют на здоровье жителей населенных пунктов, расположенных в зоне влияния горящих факелов.

Кроме промышленности факельные системы используют также и на свалках, очистных сооружениях сточных вод и установках анаэробного сбраживания, которые используют органические отходы сельскохозяйственной отрасли для производства метана для использования в качестве топлива или для отопления [5].

Факельные установки необходимы на производствах для сжигания продуктов, сопутствующих производству, но они наносят сильный ущерб окружающей среде. Было бы актуально рассмотреть аспект экологизации работы промышленных факелов. А также научится использовать тепловую энергию горения факелов, как альтернативный источник энергии для этого производства [6].

Источники

1. Мустафина Г.Р. Анализ систем сжигания биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 142-144.

2. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Патент № 2422385 C1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2009144467/05: заявл. 30.11.2009: опубл. 27.06.2011.

3. Калачева С.Р., Кондратьев А.Е. Патент на полезную модель № 105449 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/22. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2011102657/05 : заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011; заявитель ГГОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет».

4. Ахметгалиев И.Ф., Кондратьев А.Е. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 400-403.

5. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. – С. 150-151.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.

УДК 665.612.2(470.41)

ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО ГАЗА В ТАТАРСТАНЕ

Кабатьева Алина Юрьевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]alinochkakabateva@mail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ способов утилизации попутного газа по Республике Татарстан по историческим данным и современным показателям
Ключевые слова: Попутный газ, факельные установки, коэффициент утилизации.

FEATURES OF ASSOCIATED GAS UTILIZATION IN TATARSTAN

Kabatyeva Alina Urevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]alinochkakabateva@mail.com, [2]aekondr@mail.ru

***Annotation**. The analysis of methods of utilization of associated gas in the Republic of Tatarstan was carried out according to historical data and modern indicators*
***Key words:** Associated gas, flare units, utilization factor.*

Нефтедобывающая отрасль республики Татарстан является ключевой бюджетообразующей отраслью региона. Республика Татарстан один из крупнейших регионов РФ и вносит огромный вклад в социально – экономическое развитие страны. Каждый год на месторождениях РТ добывается порядка 30 – 34 млн. тонн сырой нефти. В настоящее время 45,3 % нефти региона добывается за счет внедрения новых технологий и методов повышения нефтеотдачи пластов. Значение коэффициента извлечения нефти составляет более 43 % при среднероссийском отраслевом показателе – 30−35 % [1].

На нефтедобывающих предприятиях попутный газ, который добывается вместе с нефтью, обычно сжигается на факельных установках. Процесс сжигания включает в себя очистку газа от жидкостей и твердых частиц, затем выпуск в факельную трубу и сжигание, чаще всего на диффузном огне. Попутный нефтяной газ – это газ, растворенный в нефти. Состоит из легких углеводородов, таких как метан. Он является сопутствующим продуктом, так как добывается с нефтью [2].

Для ООО «РИТЭК», который владеет лицензиями на право пользования недр для поиска и добычи углеводородного сырья на территории 10 регионов России, увеличение коэффициента утилизации попутного нефтяного газа – один из стратегических приоритетов. А «ТатРИТЭКнефть» одно из первых территориальных производственных предприятий компании, которое смогло достичь степени утилизации попутного нефтяного газа в 97,7 %.

Попутный нефтяной газ используется на месторождениях при закачке в пласт для сохранения пластового давления, для выработки электроэнергии на газовых электростанциях и для других производственных нужд [3]. Так на Мельниковском, Енорусскинском, Мензелинском, Луговом, Озерном, месторождениях были установлены печи подогрева для нефтяной эмульсии, которые способны работать на попутном нефтяном газе. Благодаря их работе исключаются выбросы веществ в атмосферу от сжигания попутного нефтяного газа. За последние 10 лет на объектах «ТатРИТЭКнефть» принято в работу 30 таких печей подогрева [4].

Мензелинское месторождение – система сжатия попутного нефтяного газа с последующей закачкой в пласт. Здесь внедрена технология водогазового воздействия, заключается в раздельной попеременной закачке попутного нефтяного газа и попутной воды в нефтеносные пласты. Попутный газ сжимается и подается в одну нагнетательную скважину, а вода через насосную станцию поступает в другую. Направление закачки газа и воды ежемесячно меняется местами. По похожему принципу работают и некоторые биогазовые установки [5].

На Тимировском месторождении попутный нефтяной газ служит питанием для работы газотурбинной электростанции. Компания смонтировала здесь блочно-комплексную электростанцию с тремя газовыми экологически чистыми генераторами. Подготовка газа осуществляется методом сепарации на установке «ОЗНА» на территории электростанции. Так, газотурбинная электростанция решает сразу две задачи: снабжает электричеством нефтепромысловое оборудование и утилизирует попутный нефтяной газ [6].

Источники

1. Центр обработки данных по альтернативным видам топлива: Альтернативные виды топлива и современные транспортные средства // 2019-03-29.

2. Ахметгалиев И.Ф., Кондратьев А.Е. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 400-403.

3. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. С. 150-151.

4. Мустафина Г.Р. Анализ систем сжигания биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: 2021. С. 142-144.

5. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Патент № 2422385 C1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза : № 2009144467/05: заявл. 30.11.2009: опубл. 27.06.2011.

6. Калачева С.Р., Кондратьев А.Е. Патент на полезную модель № 105449 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/22. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2011102657/05: заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011/; заявитель ГОУВПО «Казанский государственный энергетический университет».

УДК 621.311.243

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЭС НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Клюкин Илья Игоревич[1], Кондратьев Александр Евгеньевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]ilya.klyukinbkru.96@mail.ru, [2] aekondr @mail.ru

Аннотация: произведен сравнительный анализ солнечных электростанций, находящихся на территории РФ и заграничных аналогов, сделаны выводы и предложены различные пути развития данного направления энергетики.
Ключевые слова: солнечные электростанции, солнечная энергетика, солнечная радиация, СЭС, перспективы.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF SES ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION.

Klyukin Ilya Igorevich[1], Alexander Evgenievich Kondratiev [2]
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]ilya.klyukinbkru.96@mail.ru, [2] aekondr @mail.ru

Abstract: *a comparative analysis of solar power plants located on the territory of the Russian Federation and foreign analogs is made, conclusions are drawn and various ways of developing this direction of energy are proposed.*
Keywords: *solar power plants, solar energy, solar radiation, SES, prospects.*

Солнечная электростанция (СЭС) — конструкция, предназначенная для преобразования солнечной радиации в электрическую энергию [1].

Все СЭС делятся на несколько основных типов:

– башенный;

– тарельчатый;

– комбинированные;

– использующие фотоэлектрические модули и т.д.

Все СЭС работают по единому принципу с небольшими отличиями, к примеру разница между СЭС башенного типа и тарельчатого состоит в том, что СЭС тарельчатого типа имеют иную конструкцию и состоят из отдельных модулей. Комбинированные СЭС, занимаются выработкой не только электрической энергии, но и горячей воды [2].

Первой компанией в России, построившей Солнечную электростанцию, стала «Хевел». Уже в 2020 году совокупная мощность,

выработанная СЭС составила 1.1 ГВт, для сравнения в том же году, совокупная мощность ТЭС на территории РФ составила 245 ГВт, связано это с тем, что солнечная «зеленая» энергетика не сильно развита в нашей стране, но даже на начальных этапах показывает впечатляющие результаты. На 2021 год планируется расширить объемы выработанной мощности до 1,7 ГВт [3].

Следующее перспективное направление СЭС, это постоянно развивающаяся технология увеличения КПД ячеек, устанавливающихся на станциях. Сейчас КПД солнечных ячеек в мире варьируется в диапазоне от 19 – 23 %. К примеру, мощность завода, установленного в Новочебоксарске, составляет 340 МВт, а КПД солнечных ячеек близится к 24%, если сравнивать с самой крупнейшей СЭС в Китае (СЭС Уарзазат), то установленная мощность данной станции составляет 580 МВт, а КПД ячеек составляет 23,5 % [4].

Солнечная энергетика чистая энергетика и строительство СЭС, снижает нагрузку на окружающую среду, что является огромным плюсом, т.к. из-за большого количества выбросов ТЭЦ, АЭС и других источников производства энергии, экологическая обстановка в РФ выглядит удручающе [5].

Страны СНГ оценили перспективы солнечной энергетики и не за горами, когда СНГ выйдет вперед по количеству производимой энергии по сравнению со странами Европы. Отсюда вытекает здоровая конкуренция на рынке солнечной энергетики, возможно прекращение монополии в данной сфере, потому что на данный момент «гигантами» в данной сфере являются: Китай, США [6].

Из всего, выше сказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Солнечные станции довольно перспективное направление, которое находится в непрерывном развитии и может затмить другие источники производства электрической и тепловой энергии.

2. Довольно дорогостоящий процесс, но в перспективном будущем будет во много раз окупать затраченные ресурсы.

3. Данное направление стимулирует современную науку двигаться только вперед и поможет открыть большое количество рабочих мест на рынке труда.

4. Искоренение монополии на рынке солнечной энергетики [7].

Источники

1. Макуева Д.А. Плоские и вакуумные солнечные коллекторы в системе теплоснабжения // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 137-139.

2. Гилазова Г.Р. Перспектива развития солнечной энергетики в России и мире // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 85-87.

3. Анастасьева Д.А. Перспектива использования солнечной энергетики для получения тепловой энергии // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 96-98.

4. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25-27.

5. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 181-182.

6. Фаритова А.А. Использование солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 147-149.

7. Камаева Г.Р. Применение солнечных коллекторов для теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого помещения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 146-147.

УДК: 621.577.42

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОМА

Кондратьев Александр Евгеньевич,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
aekondr@mail.ru

Аннотация: В условиях невозможности или высокой стоимости газификации индивидуального жилого дома целесообразно применять альтернативные источники теплоснабжения, такие, как тепловой насос. В статье рассмотрены отрицательные и положительные стороны применения теплового насоса, также оценены различные источники низкопотенциального тепла.

Ключевые слова: низкопотенциальное тепло, тепловой насос, электрический котел, тепловая нагрузка, экология.

THE USE OF A HEAT PUMP FOR HEATING AN INDIVIDUAL HOUSE

Kondratiev Alexander Evgenievich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
aekondr@mail.ru

Abstract: *In conditions of impossibility or high cost of gasification of an individual residential building, it is advisable to use alternative sources of heat supply, such as a heat pump. The article discusses the negative and positive aspects of the use of a heat pump, and also evaluates various sources of low-potential heat.*

Keywords: *low-potential heat, heat pump, electric boiler, heat load, ecology.*

В настоящее время особую актуальность представляет применение альтернативных источников тепловой энергии. Из множества таких источников можно особо выделить применение тепловых насосов [1].

Активное развитие малоэтажного строительства зачастую затрудняется отсутствием возможности или высокой стоимости подвода природного газа к жилому дому. В этом случае приходится осуществлять построение системы теплоснабжения с помощью твердотопливного или электрического котла, что экономически невыгодно или сопровождается большим количеством тяжелых ручных операций [2].

В связи с этим можно сделать вывод, что развитие теплонасосных установок (ТНУ) для России имеет ряд преимуществ: экономия природного топлива, сокращение издержек на теплоснабжение, а также

возможность в качестве низкопотенциального тепла утилизировать тепловые отходы или стоки [3].

Однако при активном использовании ТНУ возникает немало ограничений (технических, экономических и организационных). Особенно важно произвести правильный выбор источника низкопотенциального тепла и тщательно просчитать экономическую составляющую такой системы теплоснабжения. В качестве источников низкопотенциального тепла возможно применять тепло солнца, воздуха, воды или грунта, а в качестве искусственных источников может использоваться тепло вытяжного воздуха систем вентиляции, канализационных стоков и др. [4].

С целью подбора оптимальной ТНУ необходимо определить нагрузки на отопление и горячее водоснабжение для отопительного и неотопительного периодов. В качестве потребителя определен двухэтажный жилой дом с отапливаемым гаражом.

Исходные данные для расчета:

– тепловая нагрузка – 11 кВт;

– температура низкопотенциального теплоносителя (рассола) на входе в тепловой насос – 5 ^{0}C;

– температура низкопотенциального теплоносителя (рассола) после теплового насоса –5 ^{0}C;

– температура высокопотенциального теплоносителя (горячей воды) на входе в тепловой насос – 70 ^{0}C:

– температура горячей воды после теплового насоса – 90 ^{0}C.

В результате рассчитаны и подобраны элементы таких систем теплоснабжения: тепловой насос, электрический котел, газовый котел, комбинированная схема «тепловой насос – электрический котел». В расчетах определены мощность установки, которая обеспечивает требуемую тепловую нагрузку.

В результате, самой экономически нецелесообразной системой является одиночное применение теплового насоса в качестве источника энергии для теплоснабжения индивидуального жилого дома, так как капитальные и эксплуатационные затраты, а также стоимость единицы отпускаемой тепловой энергии во много раз превышают затраты на использование других видов источников теплоснабжения [5].

Кроме этого необходимо отметить, что несмотря на высокие затраты, связанные с установкой и стоимостью теплового насоса, данный вид источника теплоснабжения является самым экологически чистым вариантом, особенно в том случае, если в качестве низкопотенциального тепла используются грунтовые воды [6].

Расчетная тепловая нагрузка котла равна полной потребности теплоты на отопление и горячее водоснабжение, для выбранного жилого дома составляет 10,4 кВт. На основании этого расчета теплового насоса подобран тепловой насос *De Dietrich GSHP TR–E* мощностью 11,58 кВт. И электрический котел марки *Stout muna SEB* – 11 мощностью 11 кВт [7].

Источники

1. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.
2. Акбуляков А.Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 5-6.
3. Гатауллина И.М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 104-107.
4. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107-108.
5. Сабирова Л.Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 203-205.
6. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых– 2018. № 2. С. 71-74.
7. Даутов Р.Р. Модернизация системы теплоснабжения с применением теплового насоса // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 114-116.

УДК 620.179.17

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВОК ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК

Кондратьев Александр Евгеньевич,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
aekondr@mail.ru

Аннотация: Надежность работы газотурбинных установок в значительной степени определяется техническим состоянием таких важных элементов, как лопатки. Особенно актуально определение их технического состояния на стадии производства. Применение виброакустических методов диагностики заготовок лопаток значительно сократит количество дефектных лопаток после чистовой обработки.

Ключевые слова: газотурбинная установка, заготовка турбинной лопатки, надежность, диагностика, критерии оценки, статистика амплитуд.

EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF TURBINE BLADE BLANKS

Kondratiev Alexander Evgenievich
FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
aekondr@mail.ru

Abstract: *The reliability of gas turbine installations is largely determined by the technical condition of such important elements as blades. It is especially important to determine their technical condition at the production stage. The use of vibroacoustic methods for diagnosing blade blanks will significantly reduce the number of defective blades after finishing.*

Keywords: *gas turbine unit, turbine blade billet, reliability, diagnostics, evaluation criteria, amplitude statistics.*

В настоящее время в системах теплоснабжения все большее применение находят газотурбинные установки (ГТУ). Они могут работать как в составе тепловых станций, так и в виде автономных устройств.

Обеспечение высокой надежности ГТУ, улучшение их технических характеристик и общей экономичности в значительной степени связаны с надежностью отдельных элементов установки. Одним из важнейших элементов ГТУ являются турбинные лопатки. Известно несколько способов производства турбинных лопаток, но наиболее перспективным является литье направленной кристаллизации.

Все элементы ГТУ должны подвергаться всестороннему техническому контролю. Очень важно выявить дефектные изделия еще на стадии производства, что существенно повысит безотказность дальнейшей эксплуатации установки. Для этого применяются различные способы неразрушающего контроля, одним из которых является виброакустический контроль. Известны несколько способов виброакустической диагностики. В статье рассматривается вариант применения метода собственных колебаний для технического контроля заготовок лопаток газотурбинной установки, полученных методом направленной кристаллизации [1].

Метод собственных колебаний основан на анализе виброакустических характеристик объекта исследований. К таким характеристикам относятся амплитуда сигнала, частота и фаза [2].

Для проведения экспериментальных исследований при реализации виброакустического неразрушающего контроля параметров собственных колебаний заготовок лопаток ГТУ разработана и изготовлена измерительно-диагностическая установка, предназначенная для возбуждения собственных колебаний в заготовке газотурбинной лопатки, измерения амплитудно-частотных характеристик заготовки и обработки результатов измерения [3].

В заготовке лопатки электромеханическим ударником, нормированным по длительности и амплитуде ударом, формирующимся в блоке управления, возбуждаются собственные колебания. Эти колебания фиксируются одним или двумя микрофонами, затем сигналы усиливаются и поступают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), где преобразовываются в цифровой код для обработки в ЭВМ [4].

Амплитудные спектры, полученные в контрольных точках лопатки, сравниваются между собой с привлечением целевых функций сравнения. По сходимости спектров проверяемой и какой-либо дефектной лопатки делается вывод о наличии в ней дефекта и предположительное место его нахождения.

Сравнение анализируемых спектров сводится к регистрации отличий этих спектров от заданных по группе параметров. При этом вычисляются [5]:

– площадь спектра (в т.ч. разностного) и двух его поддиапазонов;

– статистика амплитуд.

При анализе площади спектра производится численное интегрирование амплитуды по дискретным частотам обобщенным методом парабол (метод Симпсона) с точностью до мультипликативной константы, равной шагу дискретизации частот.

Статистика амплитуд вычисляется как среднее арифметическое значение натурального логарифма частного от деления амплитуды анализируемого спектра на амплитуду эталона [6].

Для проведения исследований отобраны 10 заготовок газотурбинных лопаток, из них 3 заготовки с заранее известными дефектами (трещины входной кромки пера длиной 0,9-2 мм), с которыми приведены измерения по описанной выше методике.

Применение указанных целевых функций сравнения однозначно показывают, что характеристики спектров заготовок лопаток с дефектом выходят за пределы доверительного интервала, при этом анализ статистики амплитуд спектров показал, что крупные дефекты (заготовки 2 и 5) определяются однозначно, более мелкие дефекты (заготовки 3 и 9) также определяются, но с наименьшей вероятностью. Анализ площади спектра однозначно показал дефектную заготовку 5, остальные попали в неинформативную область.

Источники

1. Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В., Загретдинов А.Р. Патент № 2455636 C1 Российская Федерация, МПК G01N 29/04. Способ виброакустического контроля изделий и устройство для его осуществления: № 2010147778/28 : заявл. 23.11.2010 : опубл. 10.07.2012 /; заявитель ГОУВПО «Казанский государственный энергетический университет».

2. *Vankov Yu.V., Kondrat'ev A.E.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2004. Т. 2. С. 45.

3. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 97-104.

4. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1(31). С. 27.

5. Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Кузнецов С.П. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1(57). С. 36-38.

6. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Петрушенко Ю.Я. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. № 2. С. 55-57.

УДК 697.7

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Макуева Дилара Ахлимановна[1], Шайхутдинов Ярослав Олегович[2],
Кондратьев Александр Евгеньевич [3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]dil.avp@mail.ru, [2] jara2105@mail.ru

Аннотация: Предложено использование в системе теплоснабжения возобновляемых источников энергии, одним из которых является солнечная энергия. Рассмотрено среднесуточное количество солнечных часов для Мензелинского района.

Ключевые слова: энергия Солнца, гелиоустановки, солнечный коллектор, плоский пластинчатый коллектор, вакуумные трубчатые коллекторы.

PROSPECTS FOR USING SOLAR COLLECTORS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Makueva Dilara Akhlimanovna[1], Shaikhutdinov Yaroslav Olegovich[2],
Kondratiev[3]Alexander Evgenyevich
[1,2]FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]dil.avp@mail.ru, [2]jara2105@mail.ru

Annotation: *The use of renewable energy sources in the heat supply system is proposed, one of which is solar energy. The average daily number of hours of sunshine for the Menzelinsky region is considered.*

Key words: *Solar energy, solar plants, solar collector, flat plate collectors, evacuated tube collectors.*

Использование энергии Солнца и биомассы должно занять заметное место в мировом энергетическом балансе, обеспечив тем самым замещение источающихся запасов органического топлива, однако развитие солнечной энергетики в России в значительной мере задерживается из-за достаточного объема горючих полезных ископаемых и урана [1].

Для солнечных коллекторов есть несколько важных характеристики: коэффициент адсорбции, т.е отношение поглощенной энергии к общей, коэффициент эмиссии – отношение переданной энергии к поглощенной., коэффициент полезного действия, поверхность коллектора.

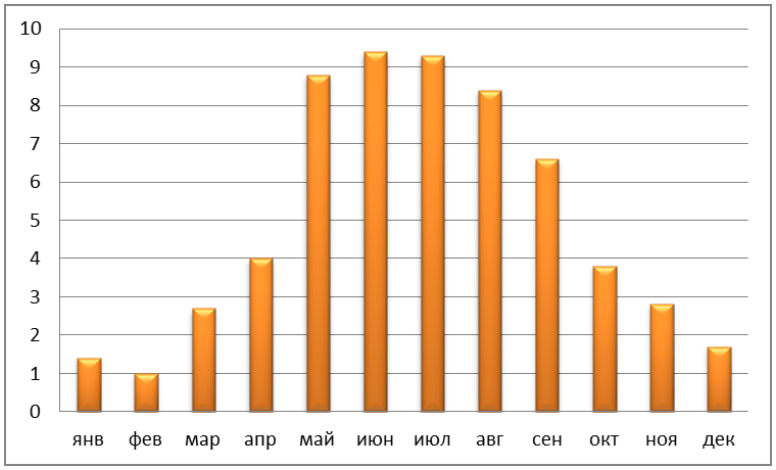
Солнечный коллектор – это устройство, работающее по принципу гелиоустановки, которая может нагревать материал, использующийся в

качестве теплоносителя. Существует большое количество самых разнообразных систем, использующих солнечную энергию. Все они отличаются не только своей конструкцией, но и объемом энергии, которую они могут вырабатывать. Они могут эффективно применяться в совмещенных системах отопления и горячего водоснабжения, системах автономного электро- и теплоснабжения жилых и производственных помещений [2].

Достоинство коллектора плоского типа является простота и надежность конструкции, высокая производительность (КПД более 50%). Элементами плоского солнечного коллектора являются: абсорбционный слой (теплопоглощающее покрытие), корпус, прозрачное защитное покрытие, теплоизолятор (обычно 20-60 мм), впускной и выпускной патрубки. Возможно использование стекла из поликарбоната вместо обычного защитного стекла. К недостаткам можно отнести высокие тепловые потери и парусность [3].

Вакуумный солнечный коллектор, в отличие от плоского, устроен иначе: устройство состоит из крепких стеклянных трубок, объединенных в систему, с откачанным для образования вакуума воздухом. Такие коллекторы обладают меньшей парусностью, незначительными теплопотерями, высокой стойкостью относительно механического повреждения и внешнего загрязнения. Вакуумные гелиоколлекторы производятся следующих видов: плоские и трубчатые [4].

В Республике Татарстан самым солнечным является Мензелинский район (порядка 2066 св.ч.), что дает солнечную радиацию за год примерно 3900 МДж/м2 [5]. На рисунке представлен график среднесуточного количества солнечных часов в городе Мензелинск по данным портала russia.pogoda360.ru за 2019 год [6].



Среднесуточное количество солнечных часов

На рисунке видно, что среднесуточное количество солнечных часов в зимний период, значительно меньше, чем в летний. При этом потребность в тепловой энергии необходима как раз в отопительный период. При компенсации потребностей будет возникать избыточная теплота в летний период, которую можно использовать для покрытия нужд ГВС [7].

Источники

1. Гилазова Г.Р. Перспектива развития солнечной энергетики в России и мире // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 85-87.
2. Макуева Д.А. Плоские и вакуумные солнечные коллекторы в системе теплоснабжения // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: 2021. С. 137-139.
3. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25-27.
4. Анастасьева Д.А. Перспектива использования солнечной энергетики для получения тепловой энергии // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 96-98.
5. Камаева Г.Р. Применение солнечных коллекторов для теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого помещения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 146-147.
6. Фаритова А.А. Использование солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 147-149.
7. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 181-182.

УДК 658.26:620.9

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Мукатдарова Диана Альбертовна[1], Кондратьев Александр Егеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
di_mukatdarovaaa@mail.ru

Аннотация: В статье описывается наиболее рациональное использование термальных источников для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных зданий.
Ключевые слова: геотермальные источники, теплоснабжение, тепловые станции, отопление.

FEATURES OF APPLICATION OF GEOTHERMAL ENERGY FOR HEAT SUPPLY

Mukatdarova Diana Albertovna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
di_mukatdarovaaa@mail.ru

***Abstract**: The article describes the most rational use of thermal springs for heating and hot water supply of residential and industrial buildings.*
***Keywords**: geothermal sources, heat supply, thermal stations, heating.*

В современных условиях в связи тепловой режим первых 1,5…40 метров земной коры характеризуется суточными и годовыми колебаниями в связи с интенсивностью солнечного излучения. Здесь имеют место многолетние колебания температуры, которые на глубине постепенно затухают. Величина в метрах, на которую повышается температура на 1 °С, называется геотермической ступенью [1].

Величина средней геотермической ступени равна 33 м. Известны случаи, когда увеличение температуры на 1°С происходит при углублении даже на 2…3 м. В этом случае причиной могут быть проявления современного вулканизма. На Камчатке температура может доходить до 150…200 °С, а на глубине 400…600 м может быть еще выше.

Надо отметить, что качество геотермальной энергии невысокое, поэтому лучше его использовать непосредственно для отопления зданий и

других сооружений или же для предварительного подогрева рабочих тел в теплообменных аппаратах [2].

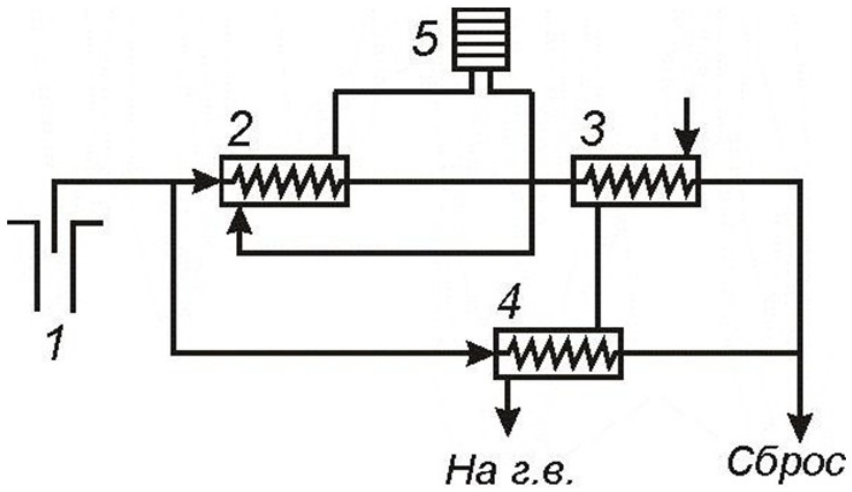
Для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений необходима температура воды не ниже 50…60 °С [3].

Надо отметить, что наиболее рациональное использование термальных вод может быть достигнуто при их комплексной эксплуатации: первоначально в отоплении, а затем в горячем водоснабжении.

Это представляет значительные трудности, так как потребность в горячей воде по времени года относительно постоянна, а отопление является сезонным, кроме того зависит от климатических условий района, температуры наружного воздуха, времени года и суток [4].

В настоящее время разработаны и широко применяются различные схемы использования геотермальной энергии для создания системы отопления и горячего водоснабжения жилых и промышленных помещений.

Современные технологии предусматривают производство тепловой энергии на геотермальных тепловых станциях (ГТС), где применяется высокотемпературная сильно минерализованная вода [5].



1 – скважина; 2 – теплообменник системы отопления; 3 – теплообменник горячего водоснабжения 1-й ступени; 4 – то же, 2-й ступени; 5 – система отопления

В этом случае горячая вода имеет температуру выше 80 °С, но сильно минерализована. Здесь необходимо устанавливать промежуточные теплообменники [6].

Источники

1. Исмаилова Г.М., Кондратьев А.Е. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом // В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Пермь, 25 декабря 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. С. 86-88.

2. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.

3. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

4. Исмаилова Г.М. Геотермальные источники для теплоснабжения дома // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 177-179.

5. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

6. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молод. 2019. № 2. С. 73-74.

УДК 658.26:620.9

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ МАЛОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ТЕРМАЛЬНОЙ ВОДОЙ

Мукатдарова Диана Альбертовна[1], Кондратьев Александр Егеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
di_mukatdarovaaa@mail.ru

Аннотация: В статье описывается системы теплоснабжения на основе геотермальной энергии
Ключевые слова: геотермальные источники, теплоснабжение, тепловые станции, отопление.

ORGANIZATION OF HEAT SUPPLY WITH LOW-TEMPERATURE LOW-MINERALIZED THERMAL WATER

Mukatdarova Diana Albertovna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
di_mukatdarovaaa@mail.ru

***Abstract**: The article describes the heat supply system based on geothermal energy.*
***Keywords**: geothermal sources, heat supply, thermal stations, heating.*

В условиях глобального энергетического кризиса построение системы теплоснабжения на основе геотермальной энергии является актуальной при наличии естественных геотермальных источников [1].

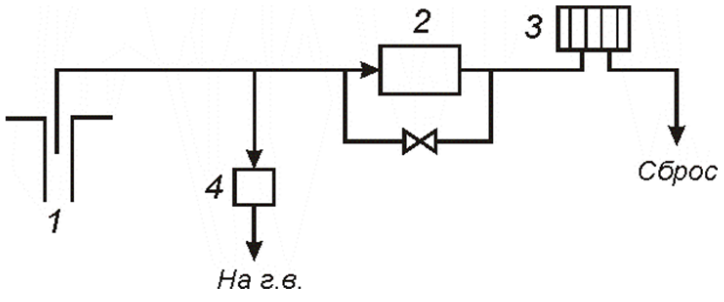


Рис. 1. 1 – скважина; 2 – пиковый двигатель; 3 – система отопления;
4 – бак-аккумулятор;

В основном термальная вода маломинерализована, но в этом случае обладает низким тепловым потенциалом (температура ниже 80 °С). Повышение теплового потенциала можно осуществить разными методами, основные из которых являются [2]:

а) на рис. 1 показана подача термальной воды параллельно на отопление и горячее водоснабжение и пиковый догрев отопительной воды.

б) бессливная система теплоснабжения от геотермальной энергии.

Схема, изображенная на рис.2. представляет более сложный вариант предыдущей схемы [3].

Здесь горячая вода, поступающая из скважин, нагревается до температуры 160…200 °С, что обусловливается климатическими условиями и позволяет достичь равенства воды в тепловых сетях и системах горячего водоснабжения [4].

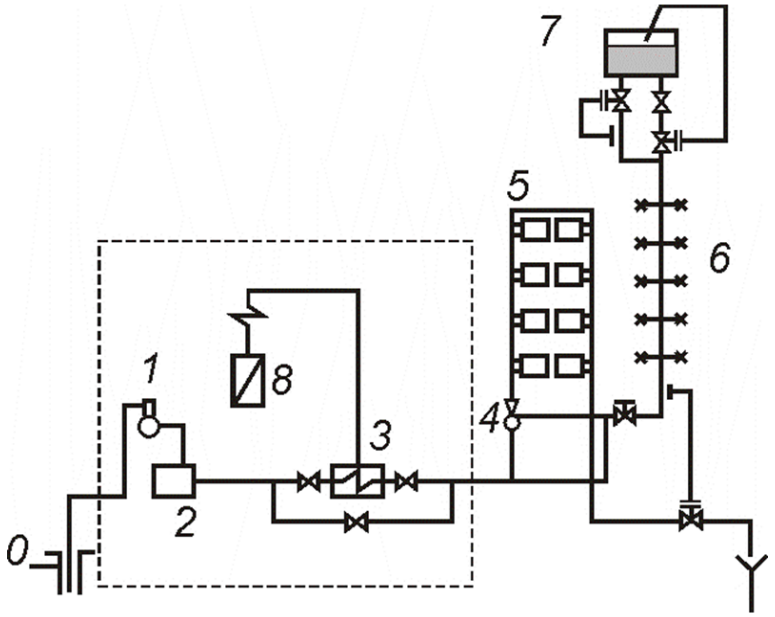


Рис. 2. 1 – дегазатор; 2 – химводоочистка; 3 – водоподогреватель; 4 – смеситель; 5 – система отопления; 6 – система горячего водоснабжения; 7 – бак-аккумулятор; 8 – котельная

Из скважины 0 термальная вода поступает в котельную 8, затем, пройдя через дегазатор 7 и химводоочистку 2, подается в нагреватель 5. Горячая вода направляется в жилые дома. Абонентский ввод каждого дома оборудован смесителем 4, в котором сетевая вода смешивается с обратной водой из системы отопления. Смесь теплоносителя требуемой температуры последовательно проходит систему отопления 5, а затем полностью расходуется в системе горячего водоснабжения 6. В этой схеме предусмотрена возможность сброса отработанной воды из системы отопления в канализацию, а также установка бака-аккумулятора 7 для

одного или группы зданий. Построение такой же схемы с тепловым насосом значительно повысит ее энергоэффективность [5]. При увеличении температуры наружного воздуха расход горячей воды на вводе остается постоянным, часть воды поступает в систему горячего водоснабжения, минуя систему отопления по обходному трубопроводу. В работе также принимает участие терморегулятор, с помощью которого поддерживается постоянная температура теплоносителя [6].

Источники

1. Исмаилова Г.М. Проблемы развития геотермальной энергетики и возможность их решения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 138-140.

2. Исмаилова Г.М., Кондратьев А.Е. Геотермальная энергетика и ее перспективы использования в России и зарубежом // В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Пермь, 25 декабря 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. С. 86-88.

3. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 417-419.

4. Исмаилова Г.М. Геотермальные источники для теплоснабжения дома / Г. М. Исмаилова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 177-179.

5. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

6. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

УДК 631.227.018:658.567

ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК

Мустафина Гульфия Равилевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gulfia999@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: Одной из основных проблем современного мира является экологическое истощение: загрязнение земли и воды, сокращение земельных и энергетических ресурсов, пагубное воздействие и получение последствий от химически опасных выбросов. Кроме того накапливаются промышленные и сельскохозяйственные отходы и появляется необходимость их утилизации, ежегодно возрастают тарифы на газ и электроэнергию.

Таким образом, все эти предпосылки однозначно указывают на необходимость перехода от традиционных источников энергии к альтернативным.

Ключевые слова: биогазовая установка, утилизация, органические отходы, удобрения, биогаз

FEATURES OF RECYCLING OF ORGANIC WASTE FROM POULTRY FARMS

Mustafina Gulfiya Ravilevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gulfia999@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *One of the main problems of the modern world is environmental depletion: pollution of land and water, reduction of land and energy resources, harmful effects and consequences from chemically hazardous emissions. In addition, industrial and agricultural waste is accumulating and there is a need for their disposal, gas and electricity tariffs are increasing annually, at the moment the cost of field development is increasing*

Consequently, all these prerequisites lead to a transition from traditional energy sources to alternative ones.

Keywords: *biogas plant, recycling, organic waste, fertilizers, biogas*

Применение биогазовой установки ведет к разрешению таких проблем как: утилизация органических и сельскохозяйственных отходов, создание дополнительных независимых источников энергии на основе возобновляемого сырья, повышение плодородности почвы за счет внесения высококачественных удобрений, являющихся конечным продуктом установки [1].

Птичий помет в чистом виде является тяжелым веществом для осуществления процесса переработки в биогазовой установке. Это связано с тем, что в сырье преобладает содержание азота, который негативно воздействует на биологический процесс образования метана в конструкции. Но в случае комбинированной подачи в установку отходов с высоким содержанием углерода, к примеру, силос, кукуруза, солома и свекла, азот напротив благоприятно воздействует на формирование метана.

Для переработки такого сырья существуют два решения: установка дополнительного реактора для обеззараживания сырья и комбинированная подача азотистых и углеродосодержащих веществ. Преимуществом последнего способа являются: возможность переработки тяжело сбраживаемой (волокнистой) биомассы, такой как солома, трава или сено с получением уксусной кислоты, за счет ускоренной деградации молекул. Это позволяет увеличить выход биогаза до 25 % и устранить риск появления плавающего осадка. Также биогазовая установка решит экономические проблемы производства путем получения выгоды за счет использования сырья, которые раньше приносили убытки из-за утилизации. Из отходов возможно получить два конечных продукта: биогаз, из которого можно выработать электроэнергию и тепло, а также удобрения и кормовые добавки очень высокого качества [2].

Для использования биогаза с целью получения электрической энергии необходима его тщательная очистка, осушение и сжатие, поэтому разумнее утилизировать биогаз для получения тепловой энергии [3].

В связи с этим организация снабжения территории электроэнергий за пределами птицефабрики экономически не целесообразно в связи высокой стоимости очистки биогаза.

Получаемые в результате работы биоректора органические удобрения не только обладают высоким качеством, так же при наличии на территории хозяйства сельскохозяйственных культур возможно их непосредственное применение, а при отсутствии угодий вероятно получение хорошей прибыли от продажи именно этой органики [4].

С агрохимической стороны повышается плодородие почвы на 25 %, обеспечивается получение экологически чистых сельхозпродуктов, также улучшается санитарно-экологическая обстановка, устранение запаха от фабрики за счет моментальной утилизации и установки специальных оборудований [5].

Источники

1. Мустафина Г.Р. Эффективность использования биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 144-146.

2. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. С. 150-151.

3. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Патент № 2422385 C1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2009144467/05: заявл. 30.11.2009 : опубл. 27.06.2011./

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.

5. Мустафина Г.Р. Анализ систем сжигания биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: 2021. С. 142-144.

УДК 658.567.1

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Мустафина Гульфия Равилевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gulfia999@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: Одной из важнейших экологических проблем является складирование органических отходов на территории ферм и фабрик. Значительное количество этих предприятий, вырабатывающих органику данного вида, существуют уже более 20 – 30 лет. Это означает, что системы обязательной утилизации таких вредоносных веществ, пагубно влияющих на окружающую среду, не соответствуют действующим нормам в связи с износом специального оборудования и усилением экологических норм и требований. К примеру, примерно четверть всех птицефабрик в Российской Федерации не имеют системы очистки пометных стоков.

Ключевые слова: биогазовая установка, утилизация, органические отходы, удобрения, биогаз

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF BIOGAS TECHNOLOGIES IN RURAL AREAS

Mustafina Gulfiya Ravilevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gulfia999@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *One of the environmental problems is the storage of waste on the territory of farms and factories. A significant number of these enterprises containing organic matter of this type have existed for more than 20-30 years. This means that the systems of mandatory disposal of harmful substances that adversely affect the environment do not comply with current standards due to the wear of special equipment and changes in standards and requirements. For example, about a quarter of all poultry farms in the Russian Federation do not have a sewage treatment system.*

Keywords: *biogas plant, recycling, organic waste, fertilizers, biogas*

В Республике Татарстан 42 птицефабрики и для каждой такой фермы необходима установка очистных сооружений или отведение специальных территорий для складирования отходов, что экономически затратно, поэтому появляется необходимость в использовании технологии, направленной на получения из этих отходов биотоплива и высококачественных удобрений [1].

Особенно выгодным конечным продуктом данной технологии являются органические удобрения, которые значительно сократят использование химических. Они обладают высоким качеством, возможно его применение при наличии на прилегающих территориях сельскохозяйственных культур, так же вероятно получение хорошей прибыли от продажи этой органики. Если смотреть более масштабно, то при использовании этого удобрения поддерживается равновесие окружающей среды, так как исключается использование чистого помета или навоза для повышения урожайности. Самое главное преимущество биогенерации заключается в том, что при переработке погибают патогенные микроорганизмы, но сохраняется содержание азота и других питательных веществ [2].

Попутным получаемым продуктом в биогазовой установке является биогаз. Но данный вид топлива не предназначен для продажи в связи с тем, что необходима обязательная тщательная очистка, осушение и сжатие. Это довольно дорогостоящий процесс, поэтому биогаз используют только в целях самого производства или при расположении вблизи птицефабрики сельской местности потребителей, возможно снабжение альтернативными энергоресурсами их жителей. Поэтому установка по расположению должна находится в местности с электрификацией и с наличием агропромышленной фермы [3].

За счет сокращения энергозатрат предоставляется возможность снижения потребительской цены, и доходы фермы за счет реализации большего количества продукции значительно возрастут.

Необходимым требованием для установки данной технологии является наличие логистических путей, достаточного количества источника сырья и предусмотрение условий геологического района [4].

Таким образом, установка решает целый ряд проблем, к примеру, с экологической стороны в процессе разложения отходов в атмосферу отсутствует сбрасывание вредных веществ, исключается пагубное влияние на окружающую среду. Сокращается воздействие метана на окружающую среду, что замедляет развитие глобального потепления. С экономической стороны важно отметить дешевизну и наличие возобновляемого сырья в достаточном количестве для производства высококачественного и дорогостоящего удобрения, кроме того производство будет всегда обеспечено тепло- и электрификацией [5].

Источники

1. Мустафина Г.Р. Эффективность использования биогаза // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: , 2021. С. 144-146.

2. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. – С. 150-151.

3. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Патент № 2422385 C1 Российская Федерация, МПК C02F 11/04. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2009144467/05: заявл. 30.11.2009: опубл. 27.06.2011 /

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. С. 88-90.

5. Калачева С.Р., Кондратьев А.Е. Патент на полезную модель № 105449 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/22. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2011102657/05: заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011. заявитель ГОУВПО «Казанский государственный энергетический университет».

УДК 621.3

ИНФРАКРАСНОЕ ОТОПЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Сергеева Диана Вениаминовна [1], Кондратьев Александр Евгеньевич [2]
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
diana_ag@mail.ru[1], aekondr@mail.ru[2]

Аннотация: Применение инфракрасных панелей имеет большой потенциал в отоплении жилых помещений. В данной статье рассматриваются особенности, действие и преимущества инфракрасного излучения. И, учитывая, что инфракрасное отопление быстро набирает популярность в качестве отопительной системы для дома или офиса, данная тема актуальна.
Ключевые слова: отопительная система, лучистая конвекция.

INFRARED HEATING AND TRENDS OF ITS APPLICATION

Sergeeva Diana Venaminovna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]diana_ag@mail.ru, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *The use of infrared panels has great potential in heating residential premises. This article discusses the features, effects and benefits of infrared radiation. And, given that infrared heating is rapidly gaining popularity as a heating system for a home or office, this topic is relevant.*
Keywords: *heating system, radiant convection.*

Инфракрасный обогрев – это передача тепловой энергии в виде электромагнитных волн. Цель работы - доказать, что использование температурных параметров в качестве отопления в рабочей зоне с помощью инфракрасной системы целесообразней, чем водяного отопления.

Инфракрасные обогреватели в отличие от традиционного отопления, передают тепло в помещение за счет сочетания лучистой и естественной конвекции. Они экологически чистые [1], экономичны в эксплуатации и эффективны, так как передают не менее 90 % всей производимой энергии элементам в помещении, независимо, где они находятся: в помещении или на улице. В отличие от газовых обогревателей, инфракрасные обогреватели требуют минимального обслуживания и работают тихо [2].

Кроме того, они не производят запаха и не выделяют токсины в воздух, которым дышит человек.

Инфракрасные обогреватели, используют невидимые инфракрасные световые волны. Основное отличие инфракрасного отопления - нагревание окружающих предметов и людей, передавая тепло поверхностям и коже. Поскольку воздух не нагревается и не циркулирует, разница температур от потолка до пола колеблется в пределах 2–3 градусов. Большинство обогревателей нагревают пространство, используя воздух в качестве перехода тепла. Это приводит к тому, что тепло поднимается к потолку и удаляется от того места, где находится человек, теряя часть своей эффективности. Как следствие, необходимо повторно нагревать воздух и потреблять больше энергии. Преимущество инфракрасных нагревателей заключается в том, что электричество, используемое в инфракрасных обогревателях, обеспечивает более безопасный, быстрый и эффективный обогрев, чем, например, газовые обогреватели, которые требуют времени для разогрева. Управление панелями происходит через терморегуляторы, устанавливающиеся в тех же помещениях, что и данные панели. Одни из самых известных производителей: *Orbis Clima ML*, *Eberle RTR-E* 3521 и *Cewal RQ*10 [3]. Кроме того, они способны повысить оперативность и чувствительность контроля [4]. Приборы очень чувствительны - реагируют на изменение температуры в помещении на один градус, таким образом, отключая и подавая питание. Инфракрасное излучение – это не ультрафиолетовое и не рентгеновское излучения. И на сегодняшний день инфракрасный вид обогрева активно используется в медицине. Это связано с его безвредностью. Учеными доказано, что он абсолютно полезен для человеческого организма [5].

Инфракрасные обогреватели обеспечивают ряд важных преимуществ, что позволяет рассмотреть их применение, как основную систему отопления дома. Обогреватели инфракрасного излучения идеально подходят не только для обогрева зданий, они позволяют согреться людям даже на открытых участках в ветреную погоду [6].

Источники

1. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Международная научная конференция, Сумгаит, 12–13 ноября 2020 года: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 284-287.

2. Федотова А.О. Перспективные материалы для изготовления теплообменных аппаратов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 183-185.

3. Сергеева Д.В., Макуева Д.А.Преимущества инфракрасной системы обогрева над традиционными способами отопления // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 1. С. 118-120.

4. Алимкулова С.Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 73-74.

5. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Обеспечение теплового режима отопления помещения инфракрасным излучателем // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 436-438.

6. Горбунов К.Г. Вопросы повышения эффективности системы теплоснабжения // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2018. № 1. С. 41-43.

УДК 621.548

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Тимершин Азат Робертович[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1] super.azatonrobot@gmail.com, [2] aekondr@mail.ru

Аннотация: В статье представлены способы решения вопроса теплоснабжения потребителей жилищно-коммунального сектора, находящихся в удалённых или труднодоступных местах, путём использования комбинированных установок на основе ветряного генератора.

Ключевые слова: теплоснабжение, жилищно-коммунальный сектор, ветрогенератор, отопление, горячее водоснабжение.

WAYS OF APPLICATION OF WIND GENERATORS FOR HEAT SUPPLY

Timershin Azat Robertovich[1], Kondratyev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]super.azatonrobot@gmail.com, [2] aekondr@mail.ru

Abstract: *The article presents ways of solving the issue of heat supply to consumers of the housing and communal sector located in remote or hard-to-reach places, through the use of combined installations based on a wind generator.*

Keywords: *heat supply, housing and communal sector, wind generator, heating, hot water supply.*

В настоящее время в нашей стране развёрнута обширная сеть тепло- и электроснабжения, но несмотря на это также имеются участки, куда достаточно трудно доставить необходимое количество энергии, будь то тепло или электричество [1]. Особенно остро вопрос стоит с обеспечением потребителей тепловой энергией, так как тепло в отличии от электричества обладает на порядок меньшими показателями транспортабельности. В нынешних реалиях эта проблема решается путём сооружения локальных котельных или же использованием индивидуальных источников тепла. В основе работы данных аппаратов и установок лежит процесс сжигания органических видов топлива, будь то газ, мазут, угль и др. Своевременная и что самое главное бесперебойная доставка топлива в некоторые уголки

страны зачастую связана с множеством трудностей или же попусту невозможна [2].

Одним из способов решения проблемы теплоснабжения является установка ветряного генератора совместно с источником тепловой энергии, таким как электрический котёл или тепловой насос. Рассмотрим оба эти варианта [3].

Для начала стоит определиться с выбором электрического котла. Остановим свой выбор на ТЭНовом котле, так как он является одним из самых дешевых и самых простых в процессе эксплуатации и обслуживания. Цена электрического котла по сравнению с тепловым насосом является несомненным преимуществом, но не стоит забывать, что источником электропитания является ветрогенератор. Для отопления постройки площадью 80 $м^2$ потребуется установить генератор мощностью не менее 10 кВт. Этим характеристикам соответствуют такие ветрогенераторы, как Вертикально-осевой генератор «*Falcon euro*» и Горизонтальный генератор *Condor Air* 10 [4].

Исходя из их параметров видно, что ветрогенераторы в обоих исполнениях будут иметь большие габариты, что повлечёт за собой увеличение шумовой и вибрационной нагрузки, а также имеет высокую стоимость [5].

Вторым же способом решения проблемы является использование теплового насоса в качестве источника тепловой энергии. В зависимости от модели на 1 кВт электрической мощности тепловой насос может выдавать до 4 кВт тепла, что значительно снизит капиталовложения на установку ветрогенератора. Одним из минусом данного решения является тот факт, что при отсутствии поблизости водного источника низкопотенциальной теплоты появится необходимость выкопать глубокую скважину, что также увеличит начальные затраты, особенно эта проблема существенна для поселений, находящихся в северных широтах, так как достаточная для работы насоса температура может залегать на значительной глубине [6].

У каждого из представленных выше решений есть свои положительные и отрицательные стороны и выбор правильного варианта будет складываться из множества факторов и для каждого случая он будет индивидуальным, но оба способа имеют два положительных момента вне зависимости от выбора схемы теплоснабжения – экологичность и автономность от внешних энергоносителей [7].

Источники

1. Захарова В.Е., Кондратьев А.Е.Энергообеспечение частного дома с помощью ВЭУ малой мощности // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации : сборник статей международной научно-практической конференции, Пермь, 25 ноября 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. С. 60-62.

2. Курицына К.С. Ветер как альтернативный источник энергии / К. С. Курицына // Научному прогрессу - творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. С. 256-257.

3. Федотова А.О. Анализ эффективности применения ветроэнергетических установок // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 67-69.

4. Захарова В.Е. Сравнение технических характеристик разных типов ветряных установок // Научному прогрессу - творчество молодых : Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. С. 243.

5. Хайруллина А.И. Варианты применения ветрогенераторов для систем отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 70-71.

6. Шарафисламова Э.А., Кондратьев А.Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256-258.

7. Захарова В.Е. Перспективы использования ветроэнергетических установок в России и за рубежом // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 129-130.

УДК 621.184.64

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ульябаева Гузель Шакирьяновна[1], Гапоненко Сергей Олегович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]gulyabaeva@bk.ru, [2]sogaponenko@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается один из методов повышения эффективности теплообменного оборудования, а именно интенсификация теплообмена за счет оребрения. Был проведен расчет водо – водяного рекуперативного теплообменника с площадью поверхности 400 м^2. Применение данного метода позволило увеличить коэффициент теплопередачи и количество теплоты, передаваемое через стенку на 7 % и 37 % соответственно.

Ключевые слова: теплообменник, оребрение, коэффициент теплопередачи.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT

Ulyabaeva Guzel Shakiryanovna [1], Gaponenko Sergey Olegovich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]gulyabaeva@bk.ru, [2]sogaponenko@yandex.ru

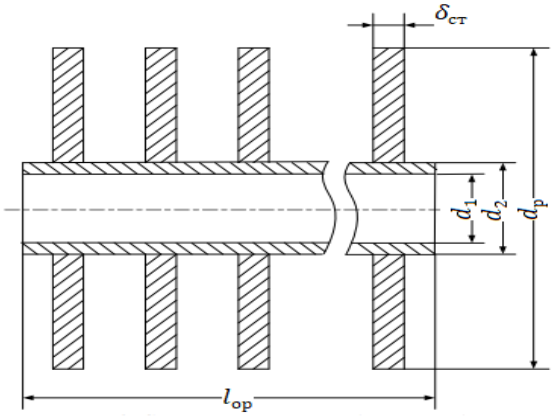
Abstract: *The article discusses one of the methods of increasing the efficiency of heat exchange equipment, namely the intensification of heat exchange due to finning. The calculation of a water–water recuperative heat exchanger with a surface area of 400 m2 was carried out. The use of this method allowed to increase the heat transfer coefficient and the amount of heat transferred through the wall by 7 % and 37 %, respectively.*

Keywords*: heat exchanger, finning, heat transfer coefficient.*

Интенсификация процесса теплообмена в теплообменном аппарате является максимально эффективным способом снижения энергетических затрат, который представляет большой интерес и имеет весомое народнохозяйственное значение [1,С.126-128]. Существует множество различных способов интенсификации теплообмена: повышение скорости теплоносителя; искусственная турбулизация потока; усложнение геометрии внутритрубного пространства посредством установки профилированных вставок [2, С.28].

В данной работе объектом исследования является кожухотрубчатый теплообменник. Поверхность нагрева выполнена из труб диаметром $d_{\text{н}} / d_{\text{в}} = 20/16$ мм; коэффициент теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке трубы: $\alpha_1 = 4461{,}88$ Вт/(м^2·К); коэффициент теплоотдачи от стенок

трубного пучка к нагреваемому теплоносителю: $\alpha_1 = 3632{,}2$ Вт/(м^2 · К); длина оребренной трубы: $l_{\text{ор}} = 3$ м; коэффициент теплопроводности материала трубок: $\lambda_{ст} = 47{,}5$ Вт/(м·К); площадь гладкой поверхности трубы: $F_1 = 0{,}15$ м^2; площадь оребренной поверхности трубы: $F_1 = 0{,}221$ м^2; диаметр ребра: $d_p = 24 \cdot 10^{-3}$ м; толщина ребра: $\delta_p = 2{,}6 \cdot 10^{-3}$ м; количество ребер: N=105 шт; шаг изготовления: n=26 мм; коэффициент оребрения: $\varphi_{ор} = 1{,}47$; средняя температура греющего теплоносителя: $T_1 = 80{,}345$ °С; средняя температура нагреваемого теплоносителя: $T_2 = 40$ °С. Внешний вид оребрения (см. рисунок).



Внешний вид оребрения

Коэффициент теплопередачи через оребренную стенку:

$$k_{ор} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + r_{з1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_{з2} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \varphi_{ор}}} = 869{,}7 \text{ Вт/(м}^2\text{·К);} \qquad (1)$$

Коэффициент теплопередачи через гладкую стенку: $k = 813$ Вт/(м^2·К).

Количество теплоты, передаваемое через оребренную стенку:

$$Q = k_{\text{ор}} \cdot F \cdot (T_1 - T_2) = 869{,}7 \cdot 0{,}221 \cdot (80{,}345 - 40) = 7754{,}5 \text{ Вт/м;} \qquad (2)$$

Количество теплоты, передаваемое через гладкую стенку:

$$Q = k \cdot F \cdot (T_1 - T_2) = 813 \cdot 0{,}15 \cdot (80{,}345 - 40) = 4920{,}1 \text{ Вт/м;} \qquad (3)$$

Популярность рассматриваемого метода не случайна. Оребренные трубы изготавливаются с применением новейших технологий современности и отличаются по многим критериям:

1. Эффективность теплообменных процессов. Оребрение влияет на конвективный теплообмен, поэтому вся труба функционирует полностью [3, С.77].

2. Термический контакт ребер и внутренней трубы, который достигается благодаря контактной сварке [4, С.34].

3. Низкое сопротивление термоотдачи из-за уменьшенной толщины пленки. Это способствует снижению конденсации пара жидкости [5, С.25].

Источники

1. Казакова Г.Д., Гапоненко С.О. Пути повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения // Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация». Казань, 2021. С. 126-128.

2. Кузма-Кичта Ю.А. Методы интенсификации теплообмена: учебное пособие по курсу «Методы интенсификации теплообмена». – М.: Изд-во МЭИ, 2001. С. 28.

3. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС: учеб.пособие для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. С. 77.

4. Зорина Е.О., Тимерьянов А.З. Теплообменные аппараты в энергетике//Аллея науки.2018. С. 34.

5. Бухмиров В.В. Тепломассообмен: учеб.пособие / В.В. Бухмиров / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2014. С. 25.

УДК 662.998-434

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Фаздалова Аделя Равильевна[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*adelya.fazdalova@mail.ru,* [2]*yvankov@mail.ru*

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы, которые пагубно влияют на эксплуатацию тепловых сетей при воздействии экстремальных природно-климатических условий, а так же выявлена ценность теплоизоляционных материалов в условиях отрицательных температур.

Ключевые слова: тепловая изоляция, теплоизоляционный материал, энергосбережение, Крайний Север.

RELEVANCE OF STUDYING THE PROPERTIES OF THERMAL INSULATING MATERIAL AT NEGATIVE TEMPERATURES

Fazdalov Adelya Ravilievna [1], Vankov Yuri Vitalievich [2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*adelya.fazdalova@mail.ru,* [2]*yvankov@mail.ru*

Abstract*: The article discusses the problems that adversely affect the operation of heating networks when exposed to extreme natural and climatic conditions, and also reveals the value of thermal insulation materials in conditions of negative temperatures.*

Key words: *thermal insulation, thermal insulation material; thermal conductivity coefficient, energy saving, Far North.*

Ценность теплоизоляционных материалов особенно важна для нашей страны, потому что основная территория Российской Федерации подвержена влиянию холодного климата. Известно, что применяемые в России теплоизоляционные материалы вследствие деструкции могут привести к увеличению коэффициента теплопроводности на 20–30 % уже впервые 5 лет эксплуатации [1,С.572-576].Следовательно, своевременная оценка свойств теплоизоляции теплопроводов позволит существенно сэкономить первичные энергоресурсы.

В последнее время уделяется много внимания по освоению и развитию Крайнего Севера, поскольку Север России – это не только большая часть территории государства, но и масштабный, стратегический ресурс всей планеты. На территории Крайнего Севера приходится почти 80

% запасов всех полезных ископаемых России. Но наличие вечной мерзлоты, большие перепады температур, сильные ветра и другие факторы оказывают огромное влияние на долговечность эксплуатации строительных материалов.

Длительность отопительного сезона на северных территориях может доходить до 11-ти месяцев в году.

Наличие многолетней мерзлоты, сезонное протаивание грунта, низкая несущая способность талых грунтов и нестабильность самой мерзлоты, приводят к необходимости прокладывать все трубопроводы на поверхности грунта – на опорах или по эстакадам. Вследствие этого, трубопроводы проложенные таким способом подвергаются более сильному влиянию низких температур, чем при подземной прокладке. В зимний период года тепловые потери с поверхности труб значительно возрастают, и возникает угроза их замерзания. Это может значительно повлиять на срок службы конструкций теплоснабжения и быстрому истощению материалов. Авария может привести к замерзанию подключенных к нему потребителей, снижению температуры в домах. Малейшее промедление при низких температурах может привести к полному замерзанию жилых домов за считанные часы, при которых могут произойти значительные последствия [2, С.78-75].

Главной проблемой северных районов являются высокий уровень потерь и затрат на эксплуатацию тепловых сетей. В целом они составляют около 50 % всех затрат в системах теплоснабжения. Это равно 11 млн. тонн нефтяного эквивалента (т.н.э.) Основываясь на расчетных данных теплопотерь на 1 км трубопровода горячего водоснабжения (ГВС) и располагая данными о теплоэффективности труб с теплоизоляцией, можно предположить, что при замене 30 % находящихся в аварийном состоянии труб тепловых сетей на трубы с теплоизоляцией возможно сократить энергопотери на 6,5 млн т.н.э.

Чтобы уменьшить тепловые потери и риск замерзания трубопроводов необходимо применять теплоизоляцию труб, прокладывать водопроводы с тепловыми спутниками, возводить промежуточные котельные на водоводах Так же тепловая изоляция важна при эксплуатации нефтепроводов, транспортирующих подогретую вязкую нефть, промысловых газопроводов, трубопроводных систем с охлажденными и сжиженными продуктами и т.д

Для снижения потерь при монтаже трубопроводов применяют теплоизоляцию из различных материалов, в зависимости от уровня их теплопроводности и условий их применения в виде специальных

«скорлуп», также используют трубы с заводской изоляцией и при укладке изолируются только стыки [3, С.55-57].

Таким образом, самым слабым звеном по надежности в энергоснабжении Севера считается транспортировка тепла. Важной характеристикой является время устранения неполадок. Герметизация и сохранения тепла теплоносителя является одной из основных проблем теплоснабжения. Для решения данной проблемы служит эффективная теплоизоляция, использование которой позволяет повысить надежность и значительно уменьшить затраты энергии на производство, передачу и сохранение тепла [4, С.87-90].

Важным эксплуатационным свойством любого материала является его стойкость к различного рода воздействиям внешних факторов, которые изменяют его механические и физические характеристики [5, С.142-147]. Такие изменения значительно сокращают сроки службы строительных изделий. Их исследование необходимо для более четкого определения областей практического применения материала. Поэтому исследование теплоизоляционных материалов и их свойств при отрицательных температурах является на сегодняшний день актуальной.

Работа выполнялась в рамках гос.задания №075-03-2021-175/3.

Источники

1. Ваньков Ю.В., Базукова Э.Р., Исламова С.И., Бусаров А.В. Оценка транспортных потерь тепла при старении изоляции // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 572-576.

2. Подковырина К.А., Подковырин В.С., Назиров Р.А. Особенности проектирования зданий и сооруженийв северных широтах с точки зрения строительной физики: Урбанистика. 2017. №4. С. 78 -85.

3. Ханнанова Д.Р., Цомаев Н.Э. Материалы для изоляционных систем Севера // Актуальные вопросы науки и практики в XXI в.: материалы 4-й Международной научно–практической конференции. 2016. С. 55-57.

4. Жиренков А.А. Основные требования к физико-механическим свойствам строительных тепло- и гидроизоляционных материалов при их эксплуатации в условиях севера России // Север России: стратегии и перспективы развития: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 87-90.

5. Гапоненко С.О., Фазлиев Р.А., Калинина М.В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 2(50). С.142-147.

УДК 691-405.8

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОГЕЛЕЙ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Федотова Анастасия Олеговна[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]nastya2505fedotova@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

Аннотация: В статье представлены основные сведения об аэрогелях, показаны основные физические свойства и области применения.

Ключевые слова: аэрогель, композиционный материал, теплопотери, силикагель, теплоизоляция.

PROSPECTS FOR THE USE OF AEROGELS IN HEAT SUPPLY

Fedotova Anastasia Olegovna[1], Vankov Yury Vitalievich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]nastya2505fedotova@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

Abstract: *The article presents basic information about aerogels, shows the main physical properties and applications.*

Key words: *airgel, composite material, heat loss, silica gel, thermal insulation.*

Теплоизоляция предназначена для увеличения термического сопротивления и уменьшения теплопотерь [1, С. 65-73]. В настоящее время существуют разные виды теплоизоляционных материалов, отличающихся свойствами, структурой, формой, видом исходного сырья [2, С. 142-147].

Одними из перспективных материалов, применяемых в качестве теплоизоляции, являются композиционные материалы на основе аэрогелей.

Аэрогель – гель, в котором жидкая фаза заменена газообразной. Он имеет структуру, состоящую из нанопор, внутри которых находится воздух. Большая удельная площадь поверхности и малые по размеру твердые частицы создают твердый материал, на 99 % состоящий из воздуха.

Процесс производства аэрогеля происходит в несколько этапов.

Для начала смешивают необходимое количество тетраметаксисилана, метанола, концентрированного аммиака и воды и перемешивают до получения однородной смеси. Возникающая при этом химическая реакция превращает смесь в гель, который заливают в формы, и со временем он застывает. Для удаления из геля загрязнений полученные селикагели помещают в подготовленный метанол и вымачивают их в нем в течение

недели. Для извлечения жидкости, содержащейся в порах, силикагели подвергают термической обработке под сверхкритическим давлением. При этом сами поры не нарушаются, а жидкость испаряется и ее место занимает углекислый газ, подводимый в процессе сушки. На выходе получается твердый материал, в основном состоящий из воздуха, именуемый аэрогелем.

В настоящее время имеются различные виды аэрогелей, например, кварцевые, углеродные (аэрографиты), кремнеземные, на основе оксида хрома или оксида олова и другие [3, С. 39-43].

Обусловленный строением, аэрогель имеет следующие свойства:

1. Легкость. Исследования показали, что плотность варьируется в пределах от 1 до 150 кг/м^3. При этом графеновый аэрогель, полученный на основе оксида графена, имеет наименьшую из плотностей, равную 0,16 кг/м^3.

2. Большая удельная площадь поверхности.

3. Низкая теплопроводность. За счет находящегося внутри пор воздуха (98-99 %), 75 % из которого пребывает в статическом состоянии, передача тепла через аэрогель практически не осуществляется. Это объясняется чрезвычайно малым размером пор, меньшим, чем длина свободного пробега молекул газа. При 10 °С теплопроводность аэрогеля составляет приблизительно 0,016-0,019 Вт/м·К и уступает только вакуумной теплоизоляции, что эффективно и целесообразно для теплоснабжения ЖКХ. Экспериментально доказано, что минимальный коэффициент теплопроводности достигается в области отрицательных температур, что позволяет использовать аэрогели в криогенной технике.

4. Гидрофобность. Структура материала, состоящая из открытых ячеек, приводит к быстрому испарению попадающей влаги. Это позволяет использовать аэрогелевую теплоизоляцию в условиях повышенной влажности или атмосферных осадков, защищая при этом теплоэнергетические конструкции от коррозионного износа [4, С.103-104].

5. Негорючесть. Аэрогели относятся к классу негорючих (НГ) и сохраняющих эксплуатационные свойства при высоких температурах на протяжении всего срока службы.

6. Высокая прочность. Материалы на основе аэрогеля могут выдерживать нагрузку, в 2000 раз превышающую собственный вес.

Он также является экологически безвредным, долговечным и требует незначительной толщины, однако дорогой и не слишком упругий.

Основными материалами с применением аэрогелей являются: панели на основе кремнеземного аэрогеля, нетканый материал для термоизоляции

поверхностей на основе кварцевых аэрогелей, стекло на основе аэрогеля, теплоизоляционный нетканый материал на основе углеродного волокна, огнестойкий теплоизоляционный порошок кремеземного аэрогеля и прочие.

Изначально, аэрогели применялись лишь в качестве материалов для улавливания космической пыли. Сегодня же их применение расширилось. Например, углеродные аэрогели, состоящие из ковалентно-связанных между собой частиц с высокой электропроводностью, применяют для изготовления электродов в конденсаторах. Кроме этого, аэрогели используются в качестве жидкостных и газовых фильтров, катализаторов в технологических процессах, а также тепловой изоляции в строительных и теплоэнергетических конструкциях [5, С.130-132].

Таким образом, перспектива применения материалов на основе аэрогелей огромна, ввиду своих исключительных свойств, видов и возможных областей использования.

Источники

1. Карев Д.С., Мельников В.М., Иванченко А.Б. Расчет потерь теплоты при ее передаче по теплопроводу с применением CAD/CAE-технологий // Вестник Казанского государственного энергетического университета, №4 (36). Казань, 2017. С. 65-73.

2. Гапоненко С.О., Фазлиев Р.А., Калинина М.В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. Т. 13. № 2(50). Казань, 2021. С. 142-147.

3. Пастушков П.П., Гутников С.И., Павленко Н.В., Столяров М.Д. Исследования теплопроводности рулонных материалов на основе аэрогеля // Строительные материалы. Москва, 2020. С. 39-43.

4. Рыбакова О.А., Лысенко А.В., Алмаметов В.Б. Прочная невесомость или аэрогель // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». Пенза, 2008. С. 103-104.

5. Шиндряев А.В., Кожевников Ю.Ю., Лебедев А.Е., Меньшутина Н.В. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 6 (187). С. 130–132.

УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ

Хайруллина Назиля Талибовна[1], Зиганшин Шамиль Гаязович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]hair.naz@mail.ru, [2]shz@list.ru

Аннотация: В данной статье рассмотрены альтернативные источники энергии, такие, как тепловой насос, солнечные коллекторы и водородный котел. Изучены принципы их работы, выявлены преимущества и недостатки.

Ключевые слова: источники энергии, тепловой насос, солнечный коллектор, водородный котел.

USE OF NON-CONVENTIONAL ENERGY SOURCES TO SUPPLY HEAT TO THE BUILDING

Khairullina Nazilya Talibovna[1], Ziganshin Shamil Gayazovich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]hair.naz@mail.ru, [2]shz@list.ru

Abstract: *This article discusses alternative energy sources such as a heat pump, solar collectors and a hydrogen boiler. The principles of their work are studied, the advantages and disadvantages are revealed.*

Key words: *energy sources, heat pump, solar collector, hydrogen boiler.*

С каждым годом обостряются проблемы удовлетворения энергетических потребностей общества. Сокращаются запасы энергоресурсов, растет энергопотребление, ухудшается экология. В такой ситуации у человечества два пути: жесткая экономия энергоресурсов или использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии [1, С.27].

Недостаток энергии и исчерпаемость топливных ресурсов с всё нарастающей остротой показывают, что переход к нетрадиционным, альтернативным источникам энергии неизбежен. Также альтернативные источники не только возобновляемы, но и экологически чистые, а это решит еще одну глобальную проблему – загрязнение окружающей среды продуктами сгорания органического топлива. К ним можно отнести солнечную энергию, энергию ветра, энергию приливов и отливов, тепловую энергию недр Земли, топливо из биомассы [2, С.33–38].

В системах теплоснабжения основным источником энергии чаще всего выступает газовый котел. Альтернативой для него может считаться любая установка или оборудование, которая при работе не использует традиционное топливо.

Одним из самых малозатратных альтернативных способов для отопления здания является тепловой насос. Для его функционирования необходима электрическая энергия. Во время работы аппарата природная энергия превращается в тепло, с помощью которого отапливается здание. Некоторые виды таких установок могут выступать в качестве единственного источника обогрева, например, грунтовые тепловые насосы. В настоящее время они являются полноценной заменой газовым котлам и обеспечивают высокую эффективность работы независимо от температуры наружного воздуха.

Менее дорогим видом таких устройств являются тепловые модели. Их главное достоинство – простота процесса монтажа. Кроме этого, они эффективны и вполне могут использоваться вместо газового отопления. Но при температуре наружного воздуха ниже нуля их КПД заметно снижается и они становятся невыгодными для отопления. Поэтому для того, чтобы избежать убытков, лучшим решением будет использование таких решений в дополнение к котлу [3, С. 119].

Довольно популярны солнечные системы обогрева с использованием солнечных коллекторов. Однако полностью отапливать здание только за счет коллекторов не получится. Дополнительно обязательно нужен второй источник тепла из-за того, что зимой световой день короче и солнечная интенсивность намного меньше, чем летом. Внешне коллекторы представляют собой пластины, которые устанавливаются на крыше здания. Теплоносителем осуществляют сбор солнечного тепла. Аккумулированная энергия передается в котельную. Бак-аккумулятор содержит в своей конструкции теплообменник, куда поступает всё тепло. Нагретую в теплообменнике воду можно применять как для отопления здания, так и для горячего водоснабжения летом, весной и осенью [4, С. 63–68].

Также относительно недавно на российском рынке появилась уникальная продукция – водородный котел, предназначенный для отопления помещений. Под воздействием электрического заряда вода распадается на водород и кислород. Затем, при взаимодействии молекул водорода и кислорода, происходит реакция, в результате которой образуется так называемый газ Брауна и происходит процесс выделения

тепла. Тепло, в свою очередь, будет осуществлять нагрев воды и позволит обеспечить нормальную температуру в помещении [5, С. 33–44].

Отказаться от традиционных источников отопления вполне реально. Для этого нужно грамотно подобрать альтернативу или же скомбинировать несколько, исходя из особенностей здания. Это позволит не только сократить расход энергоресурсов, но и улучшить ситуацию с экологией. Однако применение альтернативных источников тепла не должно быть единственным способом экономии традиционного топлива и уменьшения зависимости от него. Так же необходимо работать над повышением общей энергоэффективности объекта теплоснабжения.

Источники

1. Федоров В. и др. Проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии //Национальные приоритеты России. 2017. №. 5 (27).

2. Савина Н.В., Артюшевсткая Е.Ю. Актуальные проблемы реализации Федерального Закона №261 от 23.11.2009 в Российской Федерации в части теплоснабжения.//Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019. №. 1-2. С. 33-38.

3. Айрапетова А.Г., Ластовка И.В. Возобновляемые источники энергии как новый тренд развития мирового энергетического рынка //Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2019. №. 5-1 (119).

4. Власов И.С. Применение солнечных коллекторов в индивидуальных жилых домах // Наука и образование: новое время. №6. 2018 с.

5. Раменский, А. Ю. Водород в качестве топлива: предмет и цели стандартизации // Альтернатив. энергетика и экология. 2015. № 1. С. 33-44. (Водородная экономика).

УДК 620.179.1

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВИБРОАКСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Хасанов Нияз Айратович[1], Загретдинов Айрат Рифктович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]niyazxasan144@mail.ru, [2]azagretdinov@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые методы анализа виброакустических сигналов и представлены их краткие характеристики.
Ключевые слова: виброакустический метод, метод ПИК-фактора, метод ударных импульсов, метод огибающей высокочастотной вибрации.

METHODS FOR ANALYSIS OF VIBROACTIC SIGNALS

Khasanov Niyaz Ayratovich[1], Zagretdinov Ayrat Rifktovich[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]niyazxasan144@mail.ru, [2]azagretdinov@yandex.ru

***Abstract**: The article discusses some methods of analysis of vibroacoustic signals and presents their brief characteristics.*
***Key words**: vibroacoustic method, PIR factor method, shock pulse method, high-frequency vibration envelope method.*

Виброакустический метод – является методом неразрушающего контроля, который позволяет, на оснований измерений и анализов параметров колебаний, решать задачи по поиску неисправностей и оценки технического состояния изучаемого объекта [1].

Метод Пик-фактора – один из методов анализа состояния оборудования. Суть метода состоит в том, что зарождение дефектов в оборудовании приводит к появлению высокочастотных ударных импульсов и с последующим увеличения уровня пиков амплитуд в высокочастотном сигнале вибрации, но при этом среднеквадратичные уровни могут оставаться неизменными [2].

Для оценки состояния оборудования с помощью данного метода требуется виброметр, позволяющий измерить два параметра вибрации:

1. Среднеквадратичное значение (СКЗ) амплитуды виброускорения.
2. Пиковое значение (ПИК) амплитуды виброускорения.

$$ПФ = \frac{a_{ПИК}}{a_{СКЗ}}$$

Отношение параметров ПИК к СКЗ называется Пик-Фактором.

Достоинство: для реализации данного метода требуется виброметр общего уровня.

Недостатки: слабая помехозащищенность метода и необходимость проведения многократных измерений [3].

Метод ударных импульсов – это метод запатентованный фирмой SPM, использующий ударные импульсы от объектов качения в качестве основы для эффективного мониторинга и диагностики состояния этих объектов качения.

Ударные импульсы – это ударные волны небольшой энергии, создаваемые ударами сопряженных деталей механизма. При нормальной работе механизма можно наблюдать «ковровый» фон ударных импульсов. Если же в механизме есть повреждения или имеются отклонения от нормальной формы, то появляются сигналы большой амплитуды.

На нынешний момент времени существуют три алгоритма определения уровня ударных импульсов:

1. Метод – dBm/dBc;
2. Метод – LR/HR;
3. Метод – HD [4].

Метод огибающей высокочастотной вибрации. Методика основана на принципе анализа не высокочастотной вибрации, а низкочастотных колебаний. Используя среднее значение огибающей возможно в процентах определить глубину модуляции случайного амплитудно-моделированного сигнала вибрации. При изменении дефекта частота модуляции изменяется. Чем больше развит дефект, тем больше становиться глубина модуляции. Исходя из этого, частота модуляции определяет вид дефекта, а глубина модуляции – ее степень развития.

К достоинствам этого метода можно отнести:

– возможность локализовать дефект;

– высокая чувствительность;

– высокая достоверность определенного вида и величины каждого из дефектов.

Основные недостатки метода:

– высокая стоимость аппаратуры;

– сложность реализации [5].

Источники

1. Абрамов И.Л. Диагностика теплоэнергетических установок // В сборнике: Энергетика и энергосбережение: теория и практика. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 101.

2. Чуйков Р.И., Никитин Ю.Р., Разработка системы диагностики состояния подшипников качения методом «пик-фактор» // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. 2016. № 24-1. С. 167-173.

3. Берзин П.О. Методы диагностики подшипников качения // В сборнике: Введение в энергетику. сборник материалов II Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-практической конференции. 2016. С. 5.

4. Ишин Н.Н., Мариев П.Л., Гоман А.М., Скороходов А.С., Натурьева М.К., Аналитический метод расчета виброактивности зубчатой передачи на основе теории ударных импульсов // Актуальные вопросы машиноведения. 2017. Т. 6. С. 283-287.

5. Сенюшкин Н.С., Лобов Д.Д., Губайдуллина Р.Р., Анализ методов вибродиагностики роторных машин // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2016. № 2 (15). С. 70-75.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Г. КАЗАНИ

Хисамутдинов Артур Наилевич[1], Зиганшин Шамиль Гаязович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]hisamutdinov.hsooo@yandex.ru, [2]shz@list.ru

Аннотация: В данной работе рассматриваются энергосберегающие мероприятия, направленные на повышение надежности и энергоэффективности работы оборудования, а также снижение удельных затрат на источниках теплоснабжения г. Казань.

Ключевые слова: система теплоснабжения, энергосбережение, энергоэффективность, тепловая энергия.

DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING MEASURES FOR HEAT SUPPLY SOURCES IN KAZAN

Khisamutdinov Artur Nailevich [1], Ziganshin Shamil Gayazovich [2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]hisamutdinov.hsooo@yandex.ru, [2]shz@list.ru

Abstract: *This paper discusses energy-saving measures aimed at improving the reliability and energy efficiency of equipment, as well as reducing the unit costs of heat supply sources in Kazan.*

Key words: *heat supply system, energy saving, energy efficiency, heat energy.*

В настоящее время в энергетике имеется ряд проблем, от решения которых зависит не только энергетическая, но и национальная безопасность страны. К ним относятся дефицит энергетических ресурсов, тепловые потери, низкий КПД и несовершенство технологического оборудования. Одним из возможных способов их решения являются энергосбережение и повышение энергетической эффективности. Применимо к сфере теплоснабжения можно выделить такие направления энергосбережения, как совершенствование энергетических установок по производству тепловой энергии, что предполагает совершенствование их конструкций, путем внедрения перспективных энергосберегающих технологий.

В целях повышения энергоэффективности следует проводить глубокую модернизацию оборудования, с требованиями улучшения

показателей, соответствующих лучшим мировым образцам. Также высокий потенциал повышения энергетической эффективности находится в развитии и модернизации источников теплоснабжения [1].

Программы по энергосбережению и энергоэффективности разрабатываются по всей России, в том числе и в Республике Татарстан.

Ввод новых энергосберегающих мероприятий является жизненно необходимым для энергической безопасности республики Татарстан и существенного повышения энергоэффективности производства тепловой энергии [2].

Рассмотрим модернизацию источников теплоснабжения и внедрение в них энергосберегающих технологий. В г. Казань в тепло производят ТЭС (тепловые электростанции), котельные и индивидуальные котлы.

Модернизацию котельной следует проводить при наличии следующих предпосылок: увеличение удельных затрат на вырабатываемое тепло, высокая степень изношенности оборудования, нарушение температурных графиков подачи тепловой энергии [3].

Модернизация может включать в себя полное обновление конфигурации всей системы или замену отдельных агрегатов:

– системы топливоподачи и топливоподготовки. В процессе модернизации этих систем возможно проведение работ по автоматизации и реконструкции с установкой современного оборудования, замена и теплоизоляция емкостей;

– система водоподготовки. Проводятся работы по усовершенствованию комплексной обработки сетевой воды, установке станций по снижению содержания железа, автоматизации управления системой, разделению контуров котловой и сетевой воды;

– системы автоматизации и приборы учета. Это организация автоматического контроля за всеми процессами с единого пульта управления, установка приборов учета расхода топлива и теплоты на выходе, а также приборов учета расхода воды;

– замена котельных агрегатов. Это один из самых эффективных способов модернизации котельной, который включает в себя замену всех устаревших и отработавших свой ресурс моделей котлов;

– замена горелок и оптимизация режимов горения.

Результатами модернизации котельной являются:

– повышение надежности и производительности оборудования;

– значительное увеличение КПД и тепловой мощности;

– оптимальный режим работы;

– сокращение расходов на обслуживание и эксплуатацию путем снижения расхода топлива;

– снижение количества экологически вредных выбросов [4].

Среди малозатратных энергосберегающих технологий для действующих ТЭЦ можно выделить:

– применение испарителей;

– использование подогревателя высокого давления (ПВД) для нагрева сетевой воды;

– применение пикового водогрейного котла (ПВК) для промежуточного перегрева пара;

– применение частичного перегрева пара на промышленных ТЭЦ.

Также возможна реконструкция основного (базовые узлы котлов, турбин) и вспомогательного оборудований [5].

Таким образом, рассмотренные выше энергосберегающие мероприятия и варианты модернизации смогут повысить эффективность работы оборудования на источниках теплоснабжения. Внедрять их необходимо с учетом конкретных условий действующих ТЭЦ и котельных г. Казани.

Источники

1. Чачин А.В. Повышение энергетической эффективности теплоснабжения // Вестник магистратуры: журнал, Йошкар-Ола, 2021. № 1-5 (112). С. 109-111.

2. Флаксман А.С. Проблемы и перспективы энергосбережения в России // Вестник университета, Гос. ун-т управл.: журнал, Москва, 2019. С. 97-100.

3. Аналитические комментарии к рейтингу эффективности систем теплоснабжения муниципальных образований Республики Татарстан [Электронный ресурс]. https://kt.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_1074918.pdf (дата обращения: 27.10.21).

4. Киселева А.И., Гашо Е.Г. Анализ энергосберегающих мероприятий в системах промышленного пароснабжения // А.И. Киселева, Е.Г. Гашо // Энергетические системы, Белгор. гос. техн. ун-т им. В.Г. Шухова: журнал, Белгород, 2019. С. 200-206.

5. Казанская ТЭЦ-2: ввод новых эффективных технологий генерации в ОАО «Генерирующая компания» [Электронный ресурс]. http://www.tatenergo.ru/press/articles/4563/ (дата обращения: 27.10.21).

УДК 620.164.3

ОБ ИЗМЕНЕНИИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В СТЕНКАХ СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ОТ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРУНТОВ РАЗНОГО ТИПА

Чанчина Вероника Евгеньевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]*veronika.zaharova.95@mail.ru,* [2]*aekondr@mail.ru*

Аннотация: В данной работе идет речь о теоретическом подтверждении зависимости изменения частоты колебания трубопровода при воздействии грунтов. Произведен модальный анализ собственных колебаний 2 стальных трубопроводов. Расчеты произведены в программном комплексе конечно-элементного анализа *ANSYS*. Представлены результаты модального анализа для стальных труб при укладке их в различном грунте (пески мелкие; суглинки).

Ключевые слова: модель, надёжность, трубопровод, модальный анализ, собственные колебания.

ABOUT CHANGE OF LOW-FREQUENCY VIBRATION-DIAGNOSTIC OSCILLATIONS IN STEEL PIPELINE WALLS FROM EXTERNAL INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF SOILS

Veronika Evgenevna Chanchina[1], Aleksandr Evgenevich Kondratiev[2]
[1,2]SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]*veronika.zaharova.95@mail.ru,* [2]*aekondr@mail.ru*

Abstract: *In this work we are talking about the theoretical confirmation of the dependence of the change in the frequency of vibration of the pipeline under the influence of soils. We performed a modal analysis of natural oscillations of 2 steel pipelines. To make calculations, we chose the software complex of finite-element analysis ANSYS. Modal analysis results are presented for steele pipes when laying them in different soil (fine sands; loams).*

Keywords: *model, reliability, pipeline, modal analysis, natural vibrations.*

Известно много способов технической диагностики трубопроводов, одним из которых является метод колебаний. В объекте контроля возбуждаются вибрационные колебания, и производится анализ их параметров в некотором удалении от точки возбуждения. Наиболее информативными являются собственные колебания, частота которых зависит от параметров объекта контроля [1]. Задача усложняется, когда объект контроля оказывается под внешним воздействием, способным влиять на

частоту собственных колебаний. Для трубопроводов таким воздействием может оказаться влияние грунта при бесканальной прокладке [2]. Здесь происходит искажение параметров собственных колебаний, что влечет за собой погрешность измерений и результатов вибрационного контроля [3].

Расчеты произведены согласно СП 31.13330.2012 в программном комплексе конечно-элементного анализа *ANSYS* [4].

В таблице 1 представлены параметры полиэтиленовых трубопроводов и двух типов грунтов, распространённых на территории Татарстана.

Таблица 1

Категории грунта

Категория грунта	Наименование грунта	Давление грунта, q, кН/м^2	
		355,6х8	630х14
Г-II	Пески мелкие	49,0025999	48,7864449
Г-V	Суглинки	56,1440106	55,9835124

Результаты расчетов частот собственных колебаний трубопроводов заданных параметров освещены в таблице 2. В ней представлены значения собственных частот ν [Гц] (моды с 1 по 100) трех типоразмеров трубопроводов без воздействия грунта (столбцы «–») и под воздействием грунтов типа Г–II и Г–V [4].

Таблица 2

Результаты расчета

Мода	Трубопровод метровый					
	355,6х8			630х14		
	-	Г-I	Г-VI	-	Г-I	Г-VI
1	42,674	42,652	42,647	17,373	17,35	17,345
2	142,51	142,34	142,3	52,324	52,207	52,183
…						
99	5125,1	5125	5125	3049,1	3049	3049
100	5195,6	5195,5	5195,5	3061,5	3061,4	3061,3

В результате выяснено, что наименьшее значение частот достигается при укладке коммуникации в грунт типа Г-V (суглинки), что может быть объяснено его вязкостью и пластичностью. Таким образом, исследование зависимости степени влияния различного грунта на собственные частоты

трубопроводов позволит определять долгосрочные прогнозы эксплуатации трубопроводов [5].

Работа выполнялась в рамках гос. задания №075-03-2021-175/3.

Источники

1. Чанчина В.Е., Гапоненко С.О. Модальный анализ низкочастотных диагностических вибрационно-акустических колебаний трубопроводов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тезисы докладов двадцать седьмой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, Москва, 11–12 марта 2021 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Центр полиграфических услуг « Радуга», 2021. С. 959.

2. Чанчина В.Е., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Применение методов математического моделирования для определения влияния грунта на частоты собственных колебаний трубопроводов / [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. 2021. Т. 14. № 2. С. 142-147. DOI 10.24223/1999-5555-2021-14-2-142-147.

3. Чанчина В.Е., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Математическое моделирование процесса возбуждения вирационно-диагностических колебаний в стенках нефгазопровода // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Альметьевск, 12 ноября 2020 года. Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2020. С. 44-48.

4. Акутин М. В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Петрушенко Ю.Я. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55-57.

5. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 6. С. 188-201. DOI 10.30724/1998-9903-2020-22-6-188-201.

УДК 620.19

ЭНТРОПИЙНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Шакурова Розалина Зуфаровна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2],
Гапоненко Сергей Олегович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]shakurova.rz@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru, [3]sogaponenko@yandex.ru

Аннотация: Целью данной статьи является обзор существующих проблем надежности трубопроводных систем энергетических комплексов. В статье проведен анализ энтропийных показателей энтропии Шеннона и энтропии Колмогорова как чувствительных диагностических признаков при оценке технического состояния трубопроводов.

Ключевые слова: надежность, диагностический сигнал, энтропия Шеннона, энтропия Колмогорова.

ENTROPIC METHODS FOR ANALYSIS OF VIBRODIAGNOSTIC SIGNALS FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF PIPELINES

Shakurova Rozalina Zufarovna [1], Kondratiev Alexander Evgenyevich [2],
Gaponenko Sergey Olegovich[3]
[1,2,3] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]shakurova.rz@gmail.com, [2]aekondr@mail.ru, [3]sogaponenko@yandex.ru

Abstract: *The purpose of this article is to review the existing problems of the reliability of pipeline systems of energy complexes. The article analyzes Shannon's entropy and Kolmogorov's entropy as sensitive diagnostic features when assessing the technical condition of pipelines.*

Keywords: *reliability, diagnostic signal, Shannon's entropy, Kolmogorov's entropy.*

Трубопроводные системы энергетических комплексов относятся к ответственным сооружениям, к безопасной и надежной эксплуатации которых предъявляют повышенные требования.

С учётом высоких эксплуатационных параметров – рабочее давление, расход, протяженность и увеличением возраста трубопроводных систем, появился комплекс проблем, связанных с безопасностью, надежностью, оценкой ресурса и риска [1, С.2]. Решение указанных проблем обеспечивается путём своевременной диагностики

трубопроводных систем. По результатам диагностирования трубопроводы либо допускаются к дальнейшей эксплуатации, либо подвергаются ремонту или замене. Современные методы диагностики трубопроводов в основном базируются на применении вибрационных, звуковых и ультразвуковых датчиков [2, С. 6]. В качестве диагностической информации используются вибродиагностические сигналы.

Для проведения достоверной оценки технического состояния трубопровода необходимо должным образом извлечь диагностическую информацию из вибросигнала [3, С. 2]. Для обработки сигналов традиционно применяют следующие методы: вейвлет-преобразование, преобразование Фурье, С-преобразование, преобразование Гильберта — Хуанга. Оборудование и трубопроводы энергетических систем и комплексов часто демонстрируют хаотическое поведение, что отражается в характере диагностических сигналов. Такие нерегулярные составляющие сигнала не могут быть эффективно идентифицированы традиционными методами [4, С. 2].

Для исследования хаотических колебаний в физических системах можно успешно использовать методы энтропийной параметризации диагностических сигналов (энтропия Шеннона, Колмогорова) [5, С. 2].

Энтропия Шеннона характеризует степень вариабельность процесса. По увеличению значения энтропии Шеннона можно судить о влиянии дефекта на исследуемый сигнал. Расчет энтропии Шеннона основан на формуле, предложенной К. Шенноном для вычисления информационной энтропии:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i log p_i, \quad (1)$$

где p_i - вероятность попадания значения из выборки в i-ый уровень.

Энтропия Шеннона дает количественную оценку отклонения распределения значений временного ряда по уровням от равновероятного.

Таким образом, энтропия события x является суммой с противоположным знаком всех произведений относительных частот появления события i, умноженных на их же логарифмы. Это определение для дискретных случайных событий можно расширить для функции распределения вероятностей.

Энтропия Колмогорова или по-другому аппроксимационная энтропия (*ApEn*) является важной характеристик детерминированного хаоса. *ApEn* определяется как скорость потери информации о состоянии

динамической системы с течением времени. Значение энтропии Колмогорова временного ряда вычисляется по формуле:

$$ApEn(m, r, N) = \varphi^m(r) - \varphi^{m+1}(r), \quad (2)$$

где r – величина допуска, являющегося параметром фильтра шумов, N – число отсчетов, содержащихся во временных рядах.

Уравнение (2) показывает сходство между реконструированными векторами m и m+1 во временном ряду. Это сходство указывает на регулярность анализируемых временных рядов и влияет на соответствующее значение энтропии Колмогорова *ApEn*. Чем больше регулярность, тем меньше значение энтропии. При этом энтропия Колмогорова выражает регулярность временных рядов в нескольких измерениях и отражает больше временной информации [6, С. 4].

Таким образом, энтропийный анализ является перспективным методом обработки диагностических сигналов при оценке технического состояния трубопроводов.

Работа выполнялась в рамках государственного задания №075-03-2021-175/3.

Источники

1. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 6. С. 188-201. DOI 10.30724/1998-9903-2020-22-6-188-201.

2. Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services // E3S Web of Conferences : 2020 Rudenko International Conference on Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems, RSES 2020, Kazan, 21–26 сентября 2020 года. Kazan, 2020. P. 01079. DOI 10.1051/e3sconf/202021601079.

3. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Модальный декремент затухания как информативный параметр в технической диагностике трубопроводов // Тинчуринские чтения - 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: 2021. С. 165-168.

4. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е., Петрушенко Ю.Я. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55-57.

5. Акутин М.В., Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. Применение вейвлет-анализа для определения дефектов подшипников качения // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2008. № 3. С. 29-31.

6. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors // Procedia Engineering : International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg: Elsevier Ltd, 2017. P. 146-150. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.451.

УДК 620.92:523.3

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБИТАЕМОЙ ЛУННОЙ БАЗЫ

Якупова Инна Дмитриевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]26764@mail.ru, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: В настоящее время проводятся активные мероприятия по освоению ближнего космоса. Одним из важнейших объектов является Луна. В статье рассматриваются вопросы системы теплоснабжения обитаемой лунной базы, без решения которых колонизация Луны невозможна.

Ключевые слова: система теплоснабжения, микроклимат, ближний космос, тепловая энергия, жизнеобеспечение, риголит.

EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF TURBINE BLADE BLANKS

Yakupova Inna Dmitrievna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University»,
Kazan, Russia
[1]26764@mail.ru, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *Currently, active measures are being taken to explore near space. One of the most important objects is the Moon. The article discusses the issues of the heat supply system of the inhabited lunar base, without solving which colonization of the Moon is impossible.*

Keywords: *heat supply system, microclimate, near space, thermal energy, life support, rigolite.*

Перспективы успешного освоения ближнего космоса напрямую связаны с обеспечением комфортных условий обитаемых лунных баз. Создание благоприятной среды для жилых и рабочих помещений на Луне позволит обеспечить нормальные условия существования колонистов, без которых освоение лунной поверхности невозможно [1].

В зависимости от наличия солнечной энергии температура на поверхности Луны колеблется в интервале от +127 ^{0}C до –173 ^{0}C. Кроме этого в период солнечного освещения на поверхности Луны наблюдается высокий уровень радиации, также актуальной проблемой является метеоритная опасность [2]. Все эти факторы делают построение жилых и рабочих помещений на поверхности Луны проблематичным.

По результатам последних исследований на глубине 1 метр под лунной поверхностью температура постоянная и равна –31 ^{0}C. Предлагается построение обитаемой лунной базы под поверхностью Луны на глубине более 1 метра.

Для обеспечения лунной базы тепловой и электрической энергией предлагается использовать солнечное излучение [3]. В качестве активных элементов можно использовать солнечный коллектор (для получения тепловой энергии) и солнечную батарею (для получения электрической энергии) [4]. Во время «лунного дня» с их помощью не только покрывается энергетическая потребность, но также производится накопление тепловой и электрической энергии в тепловых и электрических аккумуляторах.

Предлагается в качестве теплового аккумулятора использовать емкость, полностью заполненную водой. Применение воды в качестве аккумулятора тепла поможет также решить проблему хранения водных запасов на Луне для покрытия бытовых нужд. При этом создание запасов и восполнение расхода воды предлагается путем получения ее при нагреве риголита, являющегося основным элементом лунного грунта, до температуры ~700 °C [5].

Таким образом, предлагаемая заглубленная конструкция луной базы позволяет обеспечить безопасные условия для проживания, проведения научных исследования в области планетологии, астрономии и т.д., добыванию полезных ископаемых, получению четких изображений удаленных областей Вселенной и обеспечению возможностей освоения дальнего космоса [6].

Источники

1. Сергеева Д.В. Обеспечение теплового режима обитаемой лунной станции // Теплоэнергетика: Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. В 6-ти томах, Иваново, 07–10 апреля 2020 года. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2020. С. 118.

2.Сергеева Д.В. Особенности обеспечения жизнедеятельности на лунной станции // Тинчуринские чтения : Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 147-150.

3.Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 181-182.

4. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25-27.

5. Сергеева Д.В. Тепловая конструкция для обеспечения базы под реголитом // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов, Москва, 12–13 марта 2020 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Центр полиграфических услу « РАДУГА», 2020. С. 1131.

6. Юсупов И.Ф. Обеспечение теплового режима функционирования лунной станции // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2018. № 1. С. 180-182.

УДК 621.577

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Якупова Инна Дмитриевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
[1]26764@mail.ru, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: Применение альтернативных источников теплоснабжения в настоящее время занимает все более лидирующее место. Одним из наиболее перспективных способов является применение тепловых насосов. Доступность низкопотенциального тепла и минимум затрат на электроэнергию позволяет создать эффективную систему теплоснабжения.

Ключевые слова: тепловой насос, система теплоснабжения, низкопотенциальная энергия, тепловой пункт, ветрогенератор.

ORGANIZATION OF HEAT SUPPLY WITH THE USE OF A HEAT PUMP

Yakupova Inna Dmitrievna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1.2] FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
[1]26764@mail.ru, [2]aekondr@mail.ru

Abstract: *The use of alternative sources of heat supply is currently taking an increasingly leading place. One of the most promising methods is the use of heat pumps. The availability of low-potential heat and a minimum of electricity costs allows you to create an efficient heat supply system.*

Keywords: *heat pump, heat supply system, low-potential energy, heat point, wind generator.*

В настоящее время все большее распространение получают различные виды альтернативной энергетики. Особое место занимает вопрос систем теплоснабжения индивидуальных жилых домов. В условиях активного развития строительства малоэтажного индивидуального жилья при невозможности или достаточной сложности подведения природного газа необходим поиск альтернативных схем организации системы теплоснабжения. Одним из возможных вариантов является совместное использование теплового насоса для получения тепловой энергии в совокупности с ветрогенератором для получения электрической энергии.

Опыт использования теплонасосных установок (ТНУ) в России невелик, однако есть хорошие перспективы для их внедрения с учетом

значительного роста цен на топливо и дальнейшего развития малоэтажного строительства [1].

Известно, что эффективность использования ТНУ для автономного отопления и горячего водоснабжения объектов малоэтажной застройки по сравнению с традиционными системами автономного теплоснабжения - индивидуальными газовыми и электрическими котлами достаточно дорогостояще [2]. Вместе с этим применение теплонаносной установки наиболее актуально при отсутствии централизованного электро- и газоснабжения, так как возникает необходимость в автономном электрогенераторе, питающим тепловую установку. Для этого можно использовать нетрадиционные источники энергии, например, ветрогенератор. В период отопительного сезона ветрогенератор будет покрывать электрические нужды теплонасосной установки, а летом может применяться для питания бытовых электроприборов [3].

Таким образом, постоянно растущая цена на электроэнергию и другое энергетическое сырье сделает ветроэлектрическую установку обычным оборудованием для снабжения электричеством [4].

Предлагается разработка автономной системы отопления малоэтажного жилого дома, способной вырабатывать до 80% энергии. Тепловой насос и ветрогенератор, работая совместно, могут практически без участия человека управлять процессом теплоснабжения. Необходимо также отметить, что это наиболее применимо для малоэтажных строений, для многоквартирных домов оптимальным является применение индивидуальных тепловых пунктов [5].

Основными энергетическими элементами системами отопления малоэтажного здания являются тепловой насос и ветрогенератор [6]. Разработка реализована по системе «Умный дом», где все процессы автоматизированы. Работа установки заключается в следующем: ветроагрегат вырабатывает электроэнергию напряжением 12 В постоянного тока, которая преобразуется инвертором в 220 В переменного тока [7]. Также он должен иметь резервный вход от централизованной электросети, который будет подключаться с помощью реле, когда аккумуляторы будут разряжены. Тепловой насос подключен к ИБП. Предполагается, что 70–80 % необходимой ТНУ электроэнергии будет покрываться от ветроагрегата [8].

Источники

1. Акбуляков А.Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 5-6.

2. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71-74.

3. Шарафисламова Э.А., Кондратьев А.Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256-258.

4. Курицына К.С. Ветер как альтернативный источник энергии // Научному прогрессу – творчество молодых: Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 частях, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. С. 256–257.

5. Сабирова Л.Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 203-205.

6. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 160-162.

7. Гатауллина И.М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 104-107.

8. Федотова А.О. Анализ эффективности применения ветроэнергетических установок // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 67-69.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

Базыкин С.Н., Базыкина Н.А., Самохина К.С. Исследование акустооптического модулятора для информационно-измерительных систем..... 3

*Белоногов Н.В., Малёв Н.А.*Следящая система контроля температуры с автоматическим потенциометром……..... 6

Белоногов Н.В., Малёв Н.А. Синтез цифрового корректирующего фильтра потенциометрической системы контроля температуры……..... 9

Булатов М.М., Малев Н.А. Исследование пирометра спектрального отношения……...……... 14

Бутовецкий В.Р., Ганеев Ф.А. Расходомер воздуха для системы мониторинга атмосферы……...……... 16

Бутовецкий В.Р., Ганеев Ф.А. Схемотехника построения функциональных узлов ионно-меточного расходомера воздуха…….. 18

Васильев А.Д., Малёв Н.А., Дюрягин А.М. Особенности определения результирующей погрешности измерительных преобразователей…….. 21

Васильев А.Д., Малёв Н.А., Хуснутдинов А.Н. Анализ влияния термодинамической помехи на точность измерительных преобразователей…… 24

Верхова Г.В., Акимов С.В., Шабанов А.П. Формирование киберфизической среды жилищно-коммунального хозяйства …….. 27

Виноградов Г.Н., Мухаметшин А.И. Разработка 6-осевого робота-манипулятора… 30

Волынкин П.А. Программно-аппаратное решение задачи сбора информации об объектах в загазованном помещении……..... 33

Гайнуллина Д.Р., Мушарапов Р.Н. Выбор датчиков для автоматизированной теплицы……...……... 36

Гусейнов Т.К. Оценки степени загрязненности внутренней поверхности резонатора вибрационно-частотного плотномера жидкости во время эксплуатации……...……... 39

Дроздова А.Д., Смирнова С.В. Структурная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки…….. 42

Дроздова А.Д., Смирнова С.В. Электрическая принципиальная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки……..... 45

Егоров В.О., Малев Н.А. Исследование динамических свойств терморезисторного анемометра……..... 48

Егоров В.О., Малев Н.А. Синтез корректирующего устройства анемометрической 53

измерительной системы по желаемой эталонной модели с астатизмом первого порядка…….....
Козелков О.В., Шабалина А.Ю. Автоматизированные системы сборочных линий 58
Козелкова В.О., Козелков О.В., Кашаев Р.С. Способы формирования водных эмульсий из мазута и сырой нефти……..... 61
Кузнецов А.Б. Особенности системного подхода к проблеме разработки требований к эксплуатации мехатронных объектов…….. 64
Латыпов Р.Ф., Корнилов В.Ю., Козелков О.В. Обоснование актуальности применения синхронных двигателей с постоянными магнитами в электроприводах насосных установок нефтедобывающих скважин…….. 67
Ломакин И.В., Салех Ахмед Вегдан Абдулкарим Исследование работоспособности алгоритма для мехатронного модуля устройства массажа вымени……..…… 71
Любарчук Ф.Н., Козелков О.В. Интеллектуальная собственность, как инструмент конкурентной борьбы в области робототехники…….…….. 75
Муратова А.М., Плотников В.В. Вопросы организации пассивной защиты автоматизированной системы управления…….…… 79
Назипов Р.Р., Ситников С.Ю. Проектирование программно-аппаратного комплекса с помощью специального программного обеспечения……. 83
Новоселова Е.А. Эксплуатация и автоматизация управления работы насосных установок……...…… 88
Овсеенко Г.А., Козелков О.В., Кашаев Р.С. Использование нейронных сетей в мехатронном устройстве представительного отбора и анализа проб……. 92
Розанов Г.Б., Смирнова С.В. Интеллектуальная система обучения операторов БПЛА для нужд ТЭК и ЖКХ……..…… 97
Салахов Б.И., Мухаметгалеев Т.Х. Модернизация системы автоматического обнаружения утечек магистральных нефтепроводов……..……. 100
Самохина К.С. Лазерная информационно-измерительная и управляющая система 103
Тарасов В.А., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасова В.В. Применение цифровых двойников систем отопления……..…...…….. 106
Терентьев С.А. Методы управления тренажёром……..…… 110
Тухфатуллин И.Р., Хузяшев Р.Г. Анализ диагностических признаков сигнала переходного процесса в интересах определения места повреждения на линии электропередач……...…….…….. 115
Федоров Ю.П., Мухаметшин А.И. Роботизированное антропоморфное захватывающее устройство……..... 120
Хамидуллин И.Н., Садыков М.Ф. Обзор роботов для диагностики и обслуживания высоковольтных ЛЭП……..……... 122
Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Моделирование комплектующих элементов гидроэнергетической установки…….……..... 126

Шакиров А.А., Козелков О.В. Стандарты и методы контроля качества асфальтобетонного покрытия……...…….. 130

Секция 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

Абдуллин Н.Р., Малёв Н.А., Мухаметгалеев Т.Х., Хуснутдинов А.Н. Исследование влияния звеньев ограничения при последовательной коррекции системы управления электропривода…… 133

Алешин С.А., Якунин А.Н. Оптимизация режимов работы добывающих скважин в НГДУ «Ямашнефть» за счёт осуществления измерения параметров интеллектуальными станциями управления……. 137

Алиев Г.Р. Опережающая разгрузка узла при выходе ГТЭС в автономный режим... 140

Андиряков В.В., Мухаметгалеев Т.Х. Модернизация электропривода буровой установки БУ-2000/125 ЭП…… 143

Гаджибалаев Н.М. Математическая модель ветровой электрической установки с асинхронным генератором…….. 146

Галяутдинова А.Р., Ившин И.В. Алгоритм определения коэффициента экспресс-анализа трансформаторной подстанции 35/6(10) кВ…… 151

Еникеева Э.Р., Гилязиева Э.А. Интеллектуальный комплекс непрерывного контроля состояния изоляции сетей 6(10) кВ под рабочим напряжением…….. 155

Губаев Д.Ф., Губаева О.Г. Анализ причин повреждений в электрических сетях 6-10 кВ……..…… 158

Доан Нгок Ши Исследование и разработка векторного инвертора для управления асинхронным двигателем…… 162

Дуров М.А., Губаева О.Г. Сравнительный анализ методов диагностики кабельных линий 6-10 кВ……. 166

Исматов Эркин Баходир угли, Мухаметгалеев Т.Х., Львова Т.Н. Модернизация электропривода планетарного бетоносмесителя принудительного действия……. 169

Макаров В.Г., Цвенгер И.Г., Гумиров Р.И., Лигер А.О. Идентификация момента сопротивления электропривода дробления угольного комбайна……. 172

Макаров В.Г., Бариев Р.Х. Идентификация параметров и скорости ротора асинхронного двигателя с использованием функций чувствительности…… 178

Малёв Н.А., Турсуналиев Н.А. Структурная интерпретация компенсационного алгоритма управления электромеханической системы с эталонной моделью……... 182

Малёв Н.А., Турсуналиев Н.А., *Хуснутдинов А.Н.* Имитационное моделирование электромеханической системы с эталонной моделью и компенсационным алгоритмом управления…… 185

Мухамадеев Р.Р. Приборы и устройства для определения места повреждения на 189

линиях электропередачи……...
Найдышева АА.А., Халфина Г.И. Повышение энергоэффективности электротехнического комплекса нефтедобывающего предприятия на месторождении Ромайла…… 192
Насибуллин Ф.Ф., Мухаметгалеев Т.Х. Анализ причины провалов напряжения в трехфазной сети……. 196
Насибуллин Ф.Ф., Мухаметгалеев Т.Х. Структурная схема динамического компенсатора искажения напряжения……. 200
*Старцев А.А., Мухаметгалеев Т.*Х. модернизация электропривода насоса системы водоснабжения коттеджного поселка…….. 203
Таначев Г.П., Корнилов В.Ю. Проблемы энергоэффективности электроприводов штанговых скважинных насосов…… 206
Фардукова А.И., Гибадуллина Э.И., Бурганов Р.А. Причины роста спроса на энергию в домашних хозяйствах…… 210
Халфина Г.И, Найдышева А.А. Анализ конфигураций систем электроснабжения в зависимости от места добычи нефти…… 214
Цветкова А.А., Цветков А.Н. Повышение энергоэффективности вентиляционной системы в ночные периоды……. 218
Чепига А.А., Корытченкова Е.Е. Стабилизация момента ветрогенераторной установки с переменной скоростью вращения средствами нейросетевого наблюдателя коэффициента мощности…….. 222
Чиляева М.Р., Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Градиентный алгоритм идентификации параметров электропривода с применением квадрата невязки…… 225
Чиляева М.Р., Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Беспоисковая градиентная идентификация статического коэффициента передачи электропривода……. 228
Чурекеев Д.Т., Мухаметгалеев Т.Х. Моделирование асинхронного электропривода с преобразователем частоты, реализованным по классической схеме АИН для исследования высших гармоник в питающей промышленной электросети……... 232
Шайхлисламов И.Р., Корнилов В.Ю. Интеллектуальное управление системой электропривода…….. 235
Шарипов И.М., Загидуллин А.М. Методы диагностики кабельных линий 6-10 кВ…. 240
Якунин А.Н. Баширов Р.Ф., Анализ технического состояния силового оборудования в распределительных сетях ООО «Татнефть-энергосбыт»…….. 243
Ярмухаметов И.А., Малёв Н.А., Мухаметгалеев Т.Х. Имитационное моделирование тягового электропривода в системе инвертор напряжения – асинхронный двигатель…… 246
Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Андреев Н.К. Влияние температуры воздуха на спектр горизонтальных колебаний провода ЛЭП…… 250

Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

Аверьянова А.А., Абасев Ю.В. Влияние применения профильно-витых трубок в сетевых подогревателях…….. 253

Аверьянова А.А., Абасев Ю.В. Влияние применения профильно-витых трубок на скорость коррозии в сетевых подогревателях…….. 256

Акберова Г.И., Зиганшин М.Г. Выбор способов оптимизации источников финансирования для децентрализации теплоснабжения учебного корпуса «Е» КГЭУ……..……... 259

Акобиров Д.И., Евгеньев И.В. Способы модернизации паровых турбин в составе парогазовых установок…… 261

Акобиров Д.И., Евгеньев И.В. Основные особенности и проблемы эксплуатации паровых турбин в составе парогазовых установок…….. 264

Ахметова А.Т., Низамова А.Ш. Энергетический рынок……. 267

Бабиков О.Е., Власов С.М. Исследование биологического загрязнения фильтра смешанного действия…….. 270

Базин Д.А., Гиниятуллин Б.А. Перспективы использования атомных станции малой мощности (АСММ) реактора РИТМ-200……. 273

Барочкин А.Е. Математическое моделирование и расчет конденсационного котла……. 278

Валирахманова И.Р., Вилданов Р.Р. К вопросу энергоэффективного освещения…. 281

Варганова А.М., Закирова И.А. Повышение эффективности теплоэнергетических систем…… 284

Гусева А.А., Абасев Ю.В. Пути повышения энергоэффективности зданий и сооружений……... 287

Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Разработка новой технологии рекуперативного теплообменного аппарата для процесса передачи тепловой энергии от парогазовой смеси…… 290

Игнатьев К.А., Зиганшин М.Г. Исследование энергоэффективности комбинированной системы отопления учебного корпуса КГЭУ с помощью численного моделирования воздушных потоков……. 293

Измайлова А.Р., Чичирова Н.Д. Стратегические ориентиры развития водородных технологий…… 296

Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г. Краткий анализ особенностей энергосбережения в современных строительных объектах..... 299

Киселёв И.И., Грибков А.М. Улучшение качества мазута с помощью присадок…... 307

Майоров Е.С., Минибаев А.И. Возможность внедрения МГД-генератора в работу электростанций…… 311

Маннапова Л.Р., Бурганов Р.А. Особенности стратегического управления на примере компании ОАО «ТАТНЕФТЬ» …….. 314

Мингазов Р.Р., Власова А.Ю. Программное моделирование модульной единицы установки обратного осмоса…….. 317
Миниханова А.Р., Измайлова А.Р. Избежание негативного влияния от ТЭС…… 320
Низамаева А.В., Власов С.М. Анализ микробиологических отложений в системе технического водоснабжения ТЭС……. 322
Рахматуллин С.С. Современное развитие ТЭК Ямало-ненецкого автономного округа……. 325
Фаизова Ю.Р., Власова А.Ю. Отходы водоподготовительных установок тепловых станций и пути их реализации…… 328
Шайхутдинов Я.О., Макуева Д.А., Минибаев А.И. Варианты более эффективного использования остаточной энергии отработавших тепловыделяющих сборок АЭС……... 331

Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Абдурашитов С.Ф. Использование инновационных форматов профориентационной деятельности высшими учебными заведениями инженерных направленностей…… 334
Будникова И.К. Практика применения цифрового следа в образовательном процессе……. 337
Егоров Ю.А., Халин И.А. Анализ технических решений, используемых при разработке учебно-тренировочных средств изделий военной техники……. 340
Егоров Ю.А., Халин И.А. Научно-методические рекомендации разработки учебно-тренировочных средств освоения образцов вооружения……. 346
Завада Г.В., Ляукина Г.А., Реймер М.В. Проблемы мониторинга воспитательной деятельности в ВУЗе…… 350
Зялаева Р.Г. К вопросу о самоорганизации и самообразовании студентов в междисциплинарной проектной деятельности…… 353
Камалеева Л.С., Матушанский Г.У. Основные барьеры в обучении аспирантов казанского энергетического университета…… 357
Корунец А.А., Рассудов Л.Н. Виртуальный лабораторный стенд исследования энергосберегающего электропривода…… 360
Куценко С.М., Малацион С.Ф. Мотивация студентов–энергетиков к получению высшего образования……... 363
Львова Т.Н., Мухаметгалеев Т.Х. Применение пакета «wolfram mathematica» для исследования характеристик трехфазных асинхронных двигателей…….. 367
Малацион С.Ф., Куценко С.М. «Цифровой двойник» студента…….. 372
Натальсон А.В. Развитие цифровых компетенций в инженерном образовании…... 376
Новичкова О.Е., Судакова А.Г., Новичков А.В. Об использовании программного 379

пакета *mathcad* при изучении математической статистики в техническом вузе…..
Новичкова О.Е., Судакова А.Г., Новичков А.В. Применение пакета *mathcad* при изучении темы «операционное исчисление» в техническом вузе…….. 386
Селезнев Д.К., Юсупова И.В. Модель управления развитием территорий агломераций……... 393
Силкин А.А., Чичков А.Н. Методика обоснования содержания учебного модуля «специальные задачи» при непосредственной подготовке артиллерии *омсбр* к миротворческой операции (действиям) …… 398
Слесаренко З.Р. Эмпатия как условие эффективности поликультурного образования молодежи……. 403
Федорова Ж.В. Взаимодействие естественнонаучных и социально-гуманитарных наук в системе образования…… 406
Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Применение адаптивности в создании механизмов при помощи САПР……. 410
Хуторова Л.М. Подходы к проектированию электронного квеста по дисциплине «История» для первокурсников–будущих инженеров…….. 413
Чиркова Д.М., Валиуллина Д.М. Актуальные вопросы инженерного образования… 416
Шакурова М.Ф. Worldskills russia: от чемпионатов рабочих профессий к международному стандарту обучения…….. 419
Юсупова И.В., Пелевин О.В. Проблемы инновационного развития регионов в контексте цифровизации…….. 422

Секция 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ахметвалеева Л.В., Калинин Д.Н., Галимуллин Н.Р. Модернизация сигнализирующих систем безопасности…….. 426
Голенищев-Кутузов А.В, Иванов Д.А., Семенников А.В., Галиева Т.Г. Применение акустических и электромагнитных методов для контроля электроизоляционного оборудования……. 429
Иркагалиева И.И., Хузяшев Р.Г., Кузьмин И.Л. Алгоритм оценки параметров сигналов переходного процесса в многоконтурных цепях…….. 432

Секция 6. СВЕТОТЕХНИКА

Гизингер О.А., Крылов А.П. Биоцидные возможности рециркуляторов воздуха... 435
Горбунов А.А., Карякина С.С. Исследование электрических и световых характеристик экспериментального образца светильника для освещения купе пассажирских вагонов……. 439

Гречкина Т.В., Ермолаев А.В., Лисицын В.М. Люминесценция иагг: се керамики, полученной радиационным синтезом…… 442

Денисова А.Р., Залилова Р.А., Исаева О.В. Оценка безопасности светодиодного излучения……... 447

Жунусбеков А.М., Стрелкова А.В., Лисицына Л.А., Карипбаев Ж.Т. Фотолюминесценция синтезированных в поле радиации образцов керамики на основе фторидов металлов……. 451

Малышев А.А. Проектирование однокаскадных светодиодных драйверов, устойчивых к импульсным помехам…….. 456

Малышев А.А. Выбор схемотехники светодиодного драйвера…… 459

Махмудов И.Ш. Разработка и проектирование понижающего преобразователя постоянного напряжения дпя питания светодиодных приборов…… 463

Тукшаитов Р.Х., Заляев А.В., Ашрятов А.А. Анализ точности представления параметров осветительных приборов рядом аккредитованных лабораторий…… 467

Чан Ньян Дат, Полисадова Е.Ф., Лисицын В.М. Люминесцентные свойства поликристаллической алюмомагниевой шпинели при УФ возбуждении……. 471

Секция 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

Афонина Н.К., Роженцова Н.В. Анализ применения нейросетевых технологий в электроэнергетических системах……... 474

Баранова Н.А., Муфтахутдинова З.Р. Оценка эффективности работы пластинчатого теплоутилизатора……... 477

Гариев А.Р., Шириев Р.Р. Солнечные электростанции с двигателем стирлинга….. 480

Горбачев А.А., Шириев Р.Р. О датчиках движения для управления освещением…. 483

Загидуллин А.М. Разработка автоматизированной системы управления освещением и температурой с использованием языков стандарта МЭК 61131-3… 486

Иванова В.Р., Гусамов Д.И. Аналитический обзор IOT технологии…….. 490

Корнева П.А., Роженцова Н.В. Возможности применения нейронных сетей в электроэнергетике……. 493

Кулешова Г.С., Кузнецова А.М. Технические мероприятия по энергосбережению в сфере ЖКХ: анализ и оценка эффекта…… 496

Куличихин Д.В., Шириев Р.Р. Детекторы скрытой электрической проводки……. 499

Мухаматяров М.Р., Максакова Е.Д. Внедрение автоматической системы управления технологического процесса в использовании МИНИ-ГЭС……. 502

Немцева М.А., Сидоров А.Е. Принцип появления прямого и обратного пьезоэффекта в пьезоэлектрических актюаторах…….. 505

Рахматуллин С.С. Современное развитие энергоэффективности и энергосбережения в сфере ЖКХ развитых стран……. 508

Салахутдинов Б.М., Шириев Р.Р. О повышении эффективности мобильных солнечных электростанций……. 511

Толкушкина О.И., Кадыров Г.М., Полонская М.Н. Проектирование электрических сетей жилых зданий в Республики Татарстан с учетом современных требований... 514

Усиков Н.В., Дьяконов Е.М., Буренко А.А., Михайлов В.В., Цыбулин А.Ф. Особенности выбора тепловых схем паровых котлов на низкие параметры при проектировании……. 517

Червяков Д.Ю., Сошинов А.Г. Анализ влияния нелинейных нагрузок на показатели качества электрической энергии и энергетическую эффективность….. 520

Шамсемухаметов И.И. Разработка автоматизированной системы контрольно-пропускного режима в здании……. 523

Янов Т.А., Денисова А.Р. Гравитационный способ аккумулирования электрической энергии для питания потребителей в периоды пиковых нагрузок… 525

Яппаров Р.Р., Роженцова Н.В. Методы прогнозирования в электроэнергетике….. 528

Секция 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аюпов Р.Ш. Проблемы взаимодействия РЗА и «интеллектуальной» сети……... 531

*Галимова Г.Ф., Воркунов О.В.*Внедрение интеллектуальных электрических сетей 534

Гельдыева Р.А., Сидоров А.Е. Внедрение водородных аккумуляторов в повседневную жизнь……... 537

Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В. Эквивалентное сопротивление промышленных электрических сетей – как одна из основных характеристик в расчетах потерь электроэнергии…… 540

Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В. Повышение точности расчета эквивалентных сопротивлений систем электроснабжения промышленных предприятий…….. 545

Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н., Табачникова Т.В. Исследование зависимостей величины активного и реактивного сопротивления трансформаторов от их номинальной мощности для оценки потерь напряжения... 550

Демократиа Джессе Иммануел Изменение производства и потребления энергии Индонезии…… 555

Емельянов Р.К., Савин Д.А., Васильев Н.В. Использование возобновляемых источников энергии для электроснабжения изолированного района…… 558

Ишелев И.Ю., Воркунов О.В. Состояние и перспективы развития электроэнергетики России…… 561

Кажмуратов Р.А. Повышение эффективности эксплуатации кабельных линий 6-10 кВ методом ЧР…… 564

Князева Ю.В., Валиуллина Д.М. Выбор конфигурации схемы электрической сети с применением реклоузеров……... 5679

Кузнецова А.М., Кулешова Г.С. Основные проблемы и преимущества водородной энергетики…… 570

Нгуен Дык Хоан Создание программы оптимизации для расчета параметров распределительной энергосистемы с *N* узлами…… 573

Павлов Д.В., Сидоров А.Е. Перспективы и проблемы водородной энергетики…… 576

Пигалин А.А. План развития электроэнергетических систем в условиях Крайнего Севера с применением блокчейна и возобновляемых источников энергии…….. 579

Рамазанова Р.И. Современные АСКУЭ и технологии передачи данных……. 582

Рахманкулов Ш.Ф., Садыков В.О. Прогнозирование технического обслуживания оборудования подстанции с использованием термографии методом машинного обучения……... 585

Рахматуллин С.С. Новые технологии в области высоковольтных энергосистем…. 588

Садыков В.О., Рахманкулов Ш.Ф. Управление электроснабжением микрогридов в условиях интеграции с электромобилями в городской среде……. 591

Синицын А.Д. Использование микропроцессорной дифференциально фазной защиты в цифровых подстанциях…… 594

Суханова С.П., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Разработка методики визуального определения кислотного числа трансформаторного масла…… 599

Тарасенко П.В. Перенапряжения при коммутациях вакуумных выключателей….. 602

Толокнова О.М. Проблема энергоэффективности в морских и речных портах…… 605

Уткина В.Н., Галиев И.Ф. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях……..…… 608

Фаррахова А.М., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Определение параметров качества трансформаторного масла визуальным способом…… 610

Ференец А.А. Моделирование систем электроснабжения ЖКХ в программном комплексе PSCAD/EMTDC…… 613

Червяков Д.Ю., Сошинов А.Г. Перспективы применения комбинированных накопителей энергии в автономных гибридных энергетических установках с возобновляемыми источниками энергии…….. 617

Шарипова А.Р., Воркунов О.В., Платонова А.А., Суханова С.П. Снижение кислотного числа трансформаторного масла путем его регенерации…….. 621

Шарипова А.Р., Воркунов О.В., Платонова А.А., Суханова С.П. Волоконно-оптический трансформатор тока…… 624

Секция 9. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Абдуллин Т.Р., Кондратьев А.Е. Диагностика трубопроводов виброакустическим методом неразрушающего контроля……. 627

Басенко В.Р., Низамиев М.Ф., Ившин И.В. Определение информативного частотного диапазона механических колебаний силового трансформатора с помощью метода конечных элементов……. 630

Местников Н.П., Ахмад Мухаммед-Насер Альзаккар, Васильев П.Ф. Исследование влияния различных видов облачности на функционирование фотоэлектрических солнечных установок…… 633

Сулейманова А.Р., Вилданов Р.Р. Изучение старения и нахождение оптимального углеводородного состава трансформаторного масла……... 636

Фаизов Н.Н. Эффективность внедрения автоматизированных технологий в сфере электроэнергетики…… 639

Черепенькин И.В. Расчет делителя напряжения на резисторах для установки микроконтроллерных устройств анализа напряжения сети работы электроподвижного состава, построенных на базе *ARDUINO*…… 642

Шакиров М.А. Современные цифровые устройства учёта электроэнергии……. 645

Секция 10. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

Власова М.А. Определение экономически выгодных вариантов конструкций трубопроводов тепловой сети с различными теплоизоляционными материалами… 648

Гаирбекова А.Р., Кондратьев А.Е. Геотермальное отопление дома с применением теплового насоса……... 651

Гаирбекова А.Р., Кондратьев А.Е. Особенности использования тепловых насосов в системе геотермального отопления…….. 654

Гапоненко С.О. Использование энтропийной параметризации вибродиагностических сигналов для контроля технического состояния трубопроводов…….. 657

Гараева В.Р., Ахметов Э.А. Особенности применения источника тепловой энергии на базе солнечного коллектора…… 660

Гареев Н.Ф. Исследование нестационарного теплообмена в начальном участке трубопровода……..……. 663

Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Контроль поверхностей теплообмена и трубопроводных систем неразрушающим способом…….. 666

*Гилязетдинов Н.Р., Кариева Л.И., Кондратьев А.Е.*Обеспечение теплового режима обитаемой лунной базы……. 669
Данов Е.Б., Валиев Р.Н. Повышение эффективности работы системы теплоснабжения от блочно-модульной котельной с установленной тепловой мощностью 16 МВт……... 672
Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы использования тепловых насосов для отопления жилых зданий в России…… 675
Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Система теплоснабжения жилого дома с применением теплового насоса и солнечных батарей…….. 678
*Загретдинов А.Р., Рахимов Р.Р., Хасанов Н.А.*Метод виброакустического контроля герметичности затвора газовой арматуры…… 681
Засыпкина Д.С., Валиев Р.Н. Повышение эффективности системы оборотного водоснабжения ТЭЦ…….. 684
Ибадов А.А., Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Анализ существующих методов построения математических моделей энергетических трубопроводов……... 687
Иванов Д.В., Кондратьев А.Е. Оборудование для использования свалочного газа .. 690
Иванов Д.В., Кондратьев А.Е. Преимущества биогазовой энергетики…….. 693
Кабатьева А.Ю., Кондратьев А.Е. Факельные установки на производстве…….. 696
Кабатьева А.Ю., Кондратьев А.Е. Особенности утилизации попутного газа в Татарстане…….. 699
Клюкин И.И., Кондратьев А.Е. Проблемы и перспективы СЭС на территории Российской Федерации……. 702
Кондратьев А.Е. Применение теплового насоса для теплоснабжения индивидуального дома…….. 705
Кондратьев А.Е. Оценка технического состояния заготовок турбинных лопаток… 708
Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан…….. 711
Мукатдарова Д.А., Кондратьев А.Е. Особенности применения геотермальной энергетики для теплоснабжения…….. 714
Мукатдарова Д.А., Кондратьев А.Е. Организация теплоснабжения низкотемпературной маломинерализованной термальной водой…… 717
Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности утилизации органических отходов птицефабрик…… 720
Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовых технологий в сельской местности…… 723
Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасное отопление и особенности его применения…… 726
Тимершин А.Р., Кондратьев А.Е. Способы применения ветрогенераторов для теплоснабжения……. 729

Ульябаева Г.Ш., Гапоненко С.О. Повышение эффективности работы теплообменного оборудования…… 732
Фаздалова А.Р., Ваньков Ю.В. Актуальность исследования свойств теплоизоляционного материала при отрицательных температурах…… 735
Федотова А.О., Ваньков Ю.В. Перспектива применения аэрогелей в теплоснабжении……. 738
Хайруллина Н.Т., Зиганшин Ш.Г. Использование нетрадиционных источников энергии для теплоснабжения здания…….. 741
Хасанов Н.А., Загретдинов А.Р. Методы анализа виброакстических сигналов……. 744
Хисамутдинов А.Н., Зиганшин Ш.Г. Разработка энергосберегающих мероприятий для источников теплоснабжения г. Казани…… 747
Чанчина В.Е., Кондратьев А.Е. Об изменении низкочастотных вибрационно-диагностических колебаний в стенках стального трубопровода от внешнего воздействия грунтов разного типа…….. 750
Шакурова Р.З, Кондратьев А.Е., Гапоненко С.О Энтропийные методы анализа вибродиагностических сигналов для оценки технического состояния трубопроводов……... 753
Якупова И.Д., Кондратьев А.Е. Система теплоснабжения обитаемой лунной базы 757
Якупова И.Д., Кондратьев А.Е. Организация теплоснабжения с применением теплового насоса…….. 760

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 9-10 декабря 2021г.)

Корректоры: С.Н. Валеева, О.В. Цветкова
Компьютерная верстка: О.В. Цветкова
Дизайн обложки: Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 18.03.2022 г. Тираж 30. Заказ № 5249
Формат 60 84/16. Усл. печ. л. 47,9. Уч .изд. л. 34,04.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51.

776