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

VI Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 10-11 декабря 2020 г.)

Материалы конференции

В двух томах

Том 2

Казань
2020

УДК621.313
ББК31.261
П75



**П75** **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. 349 с.

ISBN978-5-89873-573-9 (т. 2)
ISBN978-5-89873-571-5

Опубликованы материалы VI 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 распределительной 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

ISBN978-5-89873-573-9 (т. 2)
ISBN978-5-89873-571-5

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

УДК/ББК 622.32+539.1

# МЕХАТРОННЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ЦИФРОВОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Олег Владимирович Козелков[1], Рустем Султанхамитович Кашаев,[2]
Андрей МихайловичДюрягин[3]
[1,2]ФГОУ ВО «Казанский государственный университет», г. Казань,
[3]КАЗ им. С.П. Горбунова-филиал ПАО «Туполев»
[1]ok.1972@list.ru, [2]kashaev2007@yandex.ru

**Аннотация:** Описана концепция интеллектуального цифрового месторождения нефти на базе мехатронных аппаратно-программных комплексов контроля качества и управления подготовкой нефти.

**Ключевые слова:** интеллектуальное цифровое месторождение, мехатронный аппаратно-программный комплекс.

# MECHATRONIC HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEMS FOR MONITORING PARAMETERS AND CONTROLLING OIL PREPARATION PROCESSES AT AN INTELLIGENT DIGITAL OIL FIELD

Oleg Vladimirovich Kozelkov, Rustem Sultankhamitovich Kashaev,
Andrey Mikhailovich Dyuryagin

**Abstract:** the concept of an intelligent digital oil field based on mechatronic hardware and software systems for quality control and management of oil preparation is Described.

**Keywords:** intelligent digital field, mechatronic hardware and software complex.

Распоряжение правительства РФ №1632 «Цифровая экономика РФ» до 2024 г., делает актуальным создание интеллектуальных цифровых месторождений (ИЦМ) нефти, которые невозможны без мехатронных аппаратно-программных комплексов (МАПК) контроля качества и управления установками подготовки нефти [1,2]. Опыт управление нефтедобычей ИЦМ дает 20% сокращение времени реагирования и до 8% снижение потерь [3]. ИЦМ позволяют перейти к новой стадии эксплуатации старых месторождений, сократить издержки [4].

ИЦМ подразумевает систему управления операциями по добыче нефти и газа с помощью МАПК с узлами точной механики с электронными

и компьютерными компонентами, гарантирующими оптимальное управление на всех уровнях [5] и дающих прирост добычи нефти до 10-25%. Создан и развивается проект «Интеллектуальное месторождение ЛУКОЙЛ» на базе отечественной цифровой платформы AVIST Oil&Gas.

Но важно при этом снизить погрешность измерений, которая, например, при пробоотборе достигает ±30%; в скважинной жидкости (СКЖ) в диапазоне $W$ = 60–75 % погрешность измерений влажности доходит до ±15%. Автоматизация контроля добычи и подготовки нефти, охраны окружающей среды на основе МАПК важна из-за размещения залежей на огромной территории.

На рисунке представлена иерархическая структура ИЦМ.

В последние десятилетия наблюдается увеличение добычи высоковязких высокообводненных нефтей. По энергетической стратегии РФ до 2030 г. «Стратегической целью является создание инновационной системы энергетики с отечественными технологиями … добычи тяжелой и высокообводненной нефти без иностранных технологий». Высоковязкие нефти являются потенциалом стабилизации уровня добычи, разведанные запасы которых в республике Татарстан оцениваются в 7 млрд. тонн.


Иерархическая концепции ИЦМ

Методы анализа сырья в основном лабораторные, достаточно точные, но не оперативные из-за необходимости подготовки образцов. Но практически отсутствуют методики проточного экспресс-контроля. Автоматизация оперативного контроля нефти актуальна и экономически целесообразна, в том числе в рамках импортозамещения, в связи с чем необходимо иметь компактные, переносные с питанием от аккумулятора и встроенные в измерительные комплексы МАПК при контроле на технологической линии. На этапе подготовки нефти актуальны разработки

устройств очистки нефти от парафина и асфальтено-смол воздействием магнитных полей и предотвращения асфальто-смолисто-парафиновых отложений, поскольку применяемые в настоящее время методы термообработки с реагентами, центрифугирования и отстоя затратны по энергии и времени. Актуальны разработки установок отделения воды от нефти и массомеры, очистки нефти и вод от примесей.

Одним из методов, способных решать эти задачи является метод протонного магнитного резонанса (ПМР), уникальные возможности которого связаны с его квантово-механической основой - наблюдением взаимодействия ядер (протонов) с магнитным моментом и спином с окружающими протон содержащими веществами в режиме магнитного резонанса. Квантово-магнитные свойства ядер (протонов) и параметры их релаксации коррелируют со свойствами объекта исследования. Уникальность ПМР-подхода к анализу обусловлена возможностями метода неконтактно, без разрушения образца на разных структурных уровнях характеризовать: дебит скважин, концентрации воды и газа в СКЖ, плотность, вязкость, концентрации парафинов и асфальтено-смол в нефти, а также примеси в воде ФХС. Контроль методом ПМР важен для повышения нефтеотдачи, снижения затрат на подготовку и транспортировку сырья и охраны окружающей среды.

Решить стоящие проблемы можно осуществить созданием ИЦМ с автоматическим контролем разрабатываемыми на каф. «Приборостроение и мехатроника» КГЭУ устройств МАПК. На кафедре разработаны [6-8]:

– конструкция/программы МАПК - универсального анализатора ИЦМ;

– портативный и технологический релаксометры ПМР-*NP*2п;

– ПМР-влагомер-массомер сырой нефти, управляемый от МАПК;

– ПМР экспресс-методики измерения вышеуказанных параметров, испытанные на нефтях Поволжья и месторождения Bach-Ho (Вьетнам);

– мехатронные установки для удаления асфальтенов и парафина из нефти;

– загрязненности сточных с проточным контролем и управлением от МАПК;

– методика контроля расхода электроэнергии на ИЦМ по данным МАПК;

– многофункциональная автоматическая цифровая интеллектуальная скважина (МАЦИС) патент РФ № №2689103 и устройство автоматизации работы куста нефтегазовых скважин. Патент РФ №2681738;

– методы управления процессами нефтедобычи и подготовки сырой нефти на ИЦМ по сетям *Ethernet*/*Internet*.

## Источники

1.Тагирова К.Ф. Повышение эффективности добычи нефти на основе координации управления // Вестник УГАТУ. 2008. №2. С.48-52.

2. Rosendahl T., Hepso V. Integrated operations in the oil and gas industry: sustanability and capabability development. // Imprint of IGI Global, 2013.

3. Тихомирнов Л.И. Цифровизация // Нефтегаз. 2019. в.1-2. с.142-143.

4. Демарчук В. В. Перспективы и направления реализации проектов «интеллектуальных» месторождений нефти и газа // Молодой ученый. 2014. № 19 (78). С. 284-289. https://moluch.ru/archive/78/13523/

5. Ерёмин Н. А. Современная разработка месторождений нефти и газа. Умная скважина. Интеллектуальный промысел. Виртуальная компания. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. 244 с

6. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексам в нефтяной промышленности и энергетике. /Монография. Изд. «Апробация». 2019. 112 с.

7. Kashaev R.S. Kozelkov O.V., Chan VanTung, Nguyen Chi Kien // Fundamental and applied research in nanotechnology. Munich, Germany, 31.10.-5.11. 2018 Intern. journal of applied and fundam» (ISSN 1996-3955).

8. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Малев Н.А. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором // Изв. Вузов. Пробл. энергетики, 2017. №5-6. С.119-131.

УДК 621.34

# ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ МЕХАТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Алексей Борисович Кузнецов[1], Алия Ирековна[2] Гатина,
Азалия Фидаилевна Шаймуллина[3], Борис Васильевич Кузнецов[4]
[1]НПП «ГКС», г. Казань,
[2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3,4]kuznetsov_b@rambler.ru

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

**Ключевые слова**: мехатроника, объект, разработка, стандартизация, унификация срок службы, эффективность, техническое задание, технические характеристики, прототип.

# FEATURES OF THE SYSTEM APPROACH TO THE PROBLEM OF REQUIREMENTS DEVELOPMENT TO STANDARDIZATION AND UNIFICATION OF MECHATRONIC OBJECTS

Alexey Borisovich Kuznetsov Aliya Irekovna Gatina,
Azaliya Fidailevna Shaimullina, Boris Vasilyevich Kuznetsov

**Annotation:** The main problems accompanying the development of requirements for standardization and unification of mechatronic objects at the early stages of their implementation or development from the standpoint of a systems approach are presented.

**Key words:** mechatronics, object, development, standardization, unification, service life, efficiency, technical task, technical characteristics, prototype.

Обоснованное задание требований по стандартизации и унификации на перспективные мехатронные объекты, позволяет в ряде случаев существенно повысить их качество, эффективность, снизить затраты средств и времени на их разработку, испытания, производство и эксплуатацию. При этом, как правило, в перспективных объектах используется достижение более высокого уровня стандартизации и унификации по сравнению с достигнутым. Однако необоснованное повышение уровня стандартизации и унификации некоторых объектов может привести в ряде случаев к снижению их качественных показателей. Связано это с тем, что по своим техническим характеристикам (ТХ) стандартные и унифицированные узлы, спроектированные, как правило,

несколько лет назад, отстают от технического уровня, достигнутого к периоду разработки и создания новых объектов. Кроме того, стандартные и унифицированные узлы в ряде случаев не в полной мере соответствуют конструктивно-эксплуатационным характеристикам разрабатываемых изделий, что приводит к необходимости создавать дополнительные согласующие механизмы и устройства. Эти обстоятельства при завышенных уровнях стандартизации и унификации могут приводить к усложнению конструкции, снижению ТХ, росту стоимости производства и эксплуатации объектов.

Обоснование количественных требований по стандартизации и унификации, включаемых в техническое задание (ТЗ) на разработку объекта, проводится на основе анализа статистических данных о показателях стандартизации и унификации ранее разработанных объектов.

При этом для задания количественных значений показателей *применяемости* ($k_{пр}$), *повторяемости* ($k_{п}$) и *межпроектной унификации* ($k_{м.у}$) могут использоваться методы прогнозирования, оптимизации, экспертных оценок.

**1. Обоснование коэффициента применяемости.**

Для обоснования (определения) значения коэффициента применяемости устанавливается корреляционная зависимость между коэффициентом применяемости и степенью преемственности (изменения) основных технических характеристик изделий $\Delta$ по отношению к их прототипам:

$$k_{пр} = f(\Delta). \tag{1}$$

Степень изменения технических характеристик определяется по формуле

$$\Delta = \frac{1}{m}\sum_{i=0}^{m}\Delta_i\ , \tag{2}$$

где $\Delta_i$ – степень изменения $i$-й характеристики изделия относительно соответствующей характеристики прототипа; $m$ – число характеристик рассматриваемого изделия.

Значение $\Delta_i$ определяется как отношение численных значений $i$-й характеристики изделия $\delta_i$ и его прототипа $\delta_i^n$:

$$\Delta = \begin{cases} \dfrac{\delta_i}{\delta_i^n}, \text{ если } \left|\delta_i^n\right| \geq \left|\delta_i\right| \\ \dfrac{\delta_i^n}{\delta_i}, \text{ если } \left|\delta_i\right| \geq \left|\delta_i^n\right| \\ 0, \text{ если в прототипе } i \text{ - я ххарактерстика отсутствует.} \end{cases} \quad (3)$$

Зависимость (1) может строиться приближенно на основе данных по величине $\Delta$ и $k_{\text{пр}}^{\text{п}}$ для прототипа по формуле

$$k_{\text{пр}} = \left[1 - \left(1 - \frac{k_{\text{пр}}^{\text{п}}}{100}\right)\frac{1-\Delta}{1-\Delta_{\text{п}}}\right]100\%, \quad (4)$$

где $k_{\text{пр}}^{\text{п}}$ – коэффициент применяемости прототипа, %;

$\Delta$ – степень изменения характеристик разрабатываемого изделия по отношению к прототипу;

$\Delta_{\text{п}}$ – степень изменения характеристик прототипа по отношению к предшествующему ему изделию.

Для прогнозирования значений коэффициента $k_{\text{пр}}$ обычно используется аналитическая зависимость вида

$$k_{\text{пр}} = a + b\Delta,$$

постоянные $a$ и $b$ определяются методом наименьших квадратов:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta_i k_{\text{пр}\,i} - \sum_{i=1}^{n}\Delta_i - \sum_{i=1}^{n}k_{\text{пр}\,i} + n}{\sum_{i=1}^{n}\Delta_i^2 - 2\sum_{i=1}^{n}\Delta_i + n}, \quad (5)$$

где $n$ – общее число изделий, для которых вычислены значения $\Delta_i$ и $k_{\text{пр}\,i}$;

$$a = 1 - b.$$

**2. Обоснование коэффициента повторяемости**.

Численное значение коэффициента повторяемости для задания в ТЗ в зависимости от наличия исходных данных определяется по одной из следующих зависимостей (табл. 1).

Таблица. 1

Зависимости для определения коэффициента повторяемости

| Условия определения | Расчетные зависимости |
|---|---|
| Наличие статистических данных о средней повторяемости составных частей в группе ранее разработанных изделий аналогичного функционального назначения | $k_{\Pi} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} k_{\Pi\, i}$ , где $n$ – общее количество изделий в группе; $k_{\Pi\, i}$ – коэффициент повторяемости $i$-го изделия |
| Наличие данных об ожидаемом количестве составных частей в разрабатываемом изделии | Корреляционная зависимость $k_{\Pi} = f(N)$. Например, $k_{\Pi} = 1 + aN^{\alpha}$, где $N$ – число составных частей в изделии; $a$ и $\alpha$ – коэффициенты, определяемые по методу наименьших квадратов |
| При отсутствии необходимого объема статистических данных | $k_{\Pi} = k_{\Pi}^{\Pi}\sqrt{\frac{N'}{N_{\Pi}}}$ , где $k_{\Pi}^{\Pi}$ – коэффициент повторяемости прототипа; $N_{\Pi}$ – общее число составных частей в изделии-прототипе; $N$ – ожидаемое число составных частей разрабатываемого изделия |

## 2. Обоснование коэффициента межпроектной унификации.

Численное значение $k_{\text{м.у}}$ для включения в ТЗ определяется на основании анализа состояния взаимной унификации ранее разработанных изделий с учетом возможности и целесообразности дальнейшего повышения уровня межпроектной унификации за счет уменьшения разнотипности составных частей совместно эксплуатируемых или изготовляемых изделий. При этом учитывается возможность использования единой базовой конструкции и применения блочно-модульного принципа конструирования, единой элементной базы, а также разработки отдельных составных частей в унифицированном исполнении.

Обоснование коэффициента межпроектной унификации производится в следующем порядке:

– определяется группа изделий, с которыми необходимо обеспечить межпроектную унификацию из условий их совместной эксплуатации или производства;

– производится анализ эксплуатационно-технологических характеристик и конструктивных параметров составных частей выбранной группы изделий в целях определения возможности их использования в разрабатываемом объекте без изменения или с учетом возможной доработки;

– осуществляется расчет $k_{\text{м.у}}$ разрабатываемого объекта по упрощенной формуле

$$k_{\text{м.у}} = \frac{n'_{\text{з}}}{n'}, \qquad (6)$$

где $n'_{\text{з}}$ – количество типоразмеров составных частей, которые могут быть заимствованы из выбранной группы изделий; $n'$ – ожидаемое общее число типоразмеров в разрабатываемом объекте на выбранном уровне конструктивной сложности.

## Источники

1. Кузнецов Б.В., Горовацкий В.Я. Особенности системного подхода к проблеме разработки технических требований к электротехническим объектам / Сб. матер. 17-й Всероссийской межвузовской научно-технической конференции. Ч1. КВАКУ, Казань, 2005г., с.168-170.

2. 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.

УДК 624.21

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ДЕТАЛЕЙ В ОТРАСЛИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Рустам Султанхамитович Кашаев[1], Галина Анатольевна Овсеенко[2],
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань,
[1]kashaev2007@efndex.ru, [2]galinka.oveenko@mail.ru.

**Аннотация:** В статье исследовано направление применения искусственных нейронных сетей для решения задач классификации дефектов деталей отрасли приборостроения на примере сотовых панелей. Описан алгоритм построения и принцип действия системы классификации дефектов на основе многослойного персептрона.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, сотовые панели, система классификации дефектов.

# APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SOLVE THE PROBLEMS OF CLASSIFICATION OF DEFECTS OF PARTS IN THE INDUSTRY OF INSTRUMENTATION

Rustam Sultankhamitovich Kashaev, Galina Anatolyevna Ovseenko

**Annotation:** The article investigates the direction of using artificial neural networks to solve the problems of classifying defects in parts of the instrumentation industry using the example of honeycomb panels. An algorithm for constructing and operating a defect classification system based on a multilayer perceptron is described.

**Key words:** neural network, honeycomb panels, defect classification system.

В последние десятилетия бурно развивается новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях (ИНС). Актуальность исследований в этом направлении подтверждается многообразием приложений НС. Цель данной статьи – исследование использования Нейронных сетей в приборостроении в аспектах мониторинга дефектов в деталях.

Для построения нейросетевого классификатора дефектов в различных деталях отрасли приборостроения была выбрана нейронная сеть «Многослойный персептрон» [1]. Многослойная нейронная сеть (персептрон) – это нейронная сеть, состоящая из входного, выходного и расположенных между ними одного (или нескольких) скрытых слоев нейронов. Эта модель нейронной сети легко реализуется с применением современных программных и аппаратных средств.

Для решения различных технологических задач целесообразно использовать пакет *MatLab* и систему *NeuroSolutions*, так как пакет *MatLab* позволяет решать самые разнообразные задачи и строить сложные системы, а система *NeuroSolutions* дает

возможность быстро и легко строить и учить нейронную сеть, чтобы решить любую сложную проблему.

К сожалению, на сегодняшний день нейронные сети практически не используются в приборостроении при прототипировании деталей приборов, а именно - при анализе 3D моделей и улучшении преобразования их формы в управляющие команды для оборудования с ЧПУ (3D принтеров). Поэтому предлагается на основе использования методологии искусственных нейронных сетей создать систему, которая анализирует 3D модель и разбивает ее на структурные единицы (для детали типа «вал» условными единицами будут ее степени). Разработка программного обеспечения системы классификации состояния объектов контроля выполнялась в программном пакете *NI LabVIEW* 2009. Использование этой среды программирования позволило разработать многофункциональную систему контроля композиционных материалов. Большой набор встроенных математических преобразований, легкость подключения внешних компонентов, набор инструментов для создания графического интерфейса пользователя позволили быстро получить многофункциональный программный продукт. В предлагаемой тематике исследования применение нейронных сетей рассматривается на примере алгоритма изготовления детали «вал».

Для исследования разработанной системы классификации были использованы экспериментальные данные, полученные при проведении контроля образцов сотовых панелей методом низкоскоростного удара [3]. Апробация разработанной системы проводилась с использованием двух диагностических признаков: амплитуды и длительности импульса информационного сигнала полученного методом низкоскоростного удара. Экспериментально исследовалось несколько архитектур многослойного персептрона с разным количеством нейронов на первом и втором скрытых слоях. Достоверность контроля при применении многослойного персептрона для классификации дефектных участков различных типов составляет от 96 до 98%, достоверность определения бездефектного участка составляет 100%. Поэтому данный тип нейронной сети может точно выделить, непригоден ли к дальнейшей эксплуатации объект контроля. Также следует отметить, что достоверность результатов неразрушающего контроля с применением многослойного персептрона с количеством нейронов в скрытых слоях превышает 60 не влечет к значительному повышению показателя достоверности, но существенно снижает быстродействие системы и повышает потребность в дополнительных ресурсах компьютера, поэтому их применение для решения поставленных задач является нецелесообразным.

Разработанная нейронная сеть позволяет выполнять нелинейное разделение и классификацию объектов по набору диагностических признаков, выделять сложную зависимость между степенью поврежденности объекта контроля и значениями информативных параметров. Во время учебы нейронная сеть может автоматически изменять собственные параметры, достигая при этом наиболее высокой достоверности

контроля. К недостаткам системы можно отнести необходимость для обучения многослойного персептрона существования обучающей выборки, содержащей информацию о возможных дефектах. Внесение информации о новом типе дефекта сопровождается полным переобучением сети. Решить данный недостаток возможно использованием гибридных нейронных сетей, или комбинации многослойного персептрона с другими сетями, обучающихся без учителя и имеющих способность изменять свои параметры в процессе работы и приспосабливаться к изменению входных данных. Система классификации на базе многослойного персептрона имеет высокую достоверность контроля. Полученные результаты показали перспективность применения нейронных сетей при проведении неразрушающего контроля и классификации дефектов.

Использование искусственных нейронных сетей, решающих задачу изменения внутренней структуры 3D-модели деталей при их проектировании, позволит повысить качество полученных деталей за счет обеспечения необходимой им жесткости при минимальных расходах обрабатываемого материала. В результате проведенной работы была разработана система классификации технического состояния сотовых панелей, которая позволяет определить дефектные участки объекта контроля и провести их классификацию по степени поврежденности. Применение аппарата искусственных нейронных сетей для обработки полученных экспериментальных данных дает возможность автоматизировать этот процесс и процесс принятия решений по результатам неразрушающего контроля.

## Источники

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.

2. Еременко В.С., Мокийчук В.М., Овсянкин А.М. Обнаружение ударных повреждений сотовых панелей методом низкоскоростного удара // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2007. № 1. С. 24 - 27.

3. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А. Нейронные сети: общие технологические характеристики // Научное обозрение. Технические науки. 2019.

4. Кононов АА. Использование метода нейронных сетей хопфилда для решения задачи маршрутизации в сети // Московский экономический журнал. 2019. № 9.

# Секция 2.ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

УДК 621, 313

## РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРАХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Абдулла Ильясович Абдулкадиров[1], Надир Адил Оглу Алиев[2],
Надир Мирзабала Оглу Гаджибалаев[3], Рамиз Мурад Оглу Рустамов[4]
[1],[2]АГУНиП, г. Баку,
[3]СГУ, Сумгаит, Азербайджан
[4]АзГМА, г. Баку
[1]a.abdulkadirov.42@mail.ru, [2]nadir.alili.52@mail.ru, ramiz.rustemov@mail.ru[3],
n.hacibalayev@mail.ru[4]

**Аннотация:** Резонансные колебания в электромеханических устройствах с синхронными генераторами возникают по разным причинам. Например, причины таких колебаний в судовых валогенераторах следующие: 1) пульсации крутящего момента двигателя из-за ограниченного количества цилиндров в главном двигателе; 2) автоколебания, вызванные нелинейностью контура регулирования скорости главного двигателя (ГД); 3) периодические колебания гребного винта из-за морских волн. При параллельной работе синхронного валогенератора с дизель-генераторами вынужденные колебания могут полагаться на свободные колебания и создавать электромеханический резонанс, который может привести к опасным последствиям.

**Ключевые слова:** электромеханическое устройство, судовой синхронный вал-генератор, вынужденные колебания, крутящий момент гребного винта, электромеханический резонанс.

## RESONANT OSCILLATIONS IN ELECTROMECHANICAL INSTALLATIONS CONTAINING A SYNCHRONOUS GENERATOR

Abdula Ilyasovich Abdulkadyrov, Nadir Adil oglu Aliyev,
Nadir Mirzabala oglu Hajibalaev, Ramiz Murad oglu Rustamov

**Annotation:** The causes of the occurrence of forced oscillations of a synchronous generator are established: 1) ripple torque of the main engine; 2) self-oscillations associated with the non-uniformity in the control circuit of the frequency of rotation of the main engine; 3) periodic oscillations of the moment of resistance of the propeller, caused by the excitation of the sea. When a synchronous shaft generator operates in parallel with the ship’s diesel generators, forced oscillations, imposing on free oscillations, can cause a resonance of oscillations that is dangerous in its consequences.

**Keywords:** electromechanical installation, synchronous shaft generator, forced vibrations, propeller resistance moment, electromechanical resonance.

**Введение.** Колебания синхронной машины вызываются внешним крутящим моментом первичного двигателя (в режиме генератора) или рабочим механизмом (в режиме двигателя). Если синхронный генератор приводится во вращение нечетким шаговым приведенным двигателем с неравномерным ходом, например, двигателем внутреннего сгорания, возникают так называемые периодические или вынужденные колебания, которые также изменяют электромагнитную мощность генератора. Вынужденные колебания могут возникать как при работе в одиночку, так и параллельной работы с сетью. В последнем случае вынужденные колебания, полагаясь на свободные колебания могут создать опасный по своим последствиям резонанс колебаний. Это часто приводит к выпадению генератора из синхронизма, то есть к аварийному режиму [1,2].

Периодические колебания синхронного генератора (или двигателя) продолжаются до тех пор, пока не прекратятся действия сил возбуждения, которые его создают. К сожалению, на судне могут возникать резонансные условия, но экипаж должным образом не классифицирует или же недооценивает их опасность. В этом случае главная проблема - не допустить резонансных колебаний.

**Основная часть.** Вынужденные колебания синхронного валогенератора возникают по трем причинам [3]:

1. Пульсациями движущего момента вождения из-за ограниченного количества цилиндров главного двигателя;

2. Автоколебания, вызванные наличием нелинейных элементов в контурах регулируемых частоты вращения в главном двигателе.

3. Периодические колебания момента сопротивления гребного винта, обусловленные волнением моря.

Нестабильная частота вращения гребного вала возникает из-за тепловых и энергетических процессов в цилиндрах дизельного двигателя и представляет собой периодический процесс, при котором вал колеблется столько раз, сколько количество цилиндров. Следовательно, частота этих колебаний высока, что сопоставимо с частотой вырабатываемого переменного тока.

Еще одна причина вынужденных колебаний - автоколебания в системе автоматического регулирования частоты вращения главного двигателя. Известно, что наличие в замкнутых цепях управления нелинейных элементов «зазора» или «сухого трения» вызывает автоколебания. Такие элементы

входят в систему автоматического регулирования оборотов главного двигателя.

Основной причиной колебаний частоты вращения вала-генератора является периодическое изменение момента сопротивления гребного винта из-за морских волн. На основании анализа можно сделать вывод, что на валу гребного вита судно действует несколько моментов: крутящий момент главного двигателя $M_b$ момент сопротивления гребного винта $M_v$ и электромагнитный момент валогенератора $M_e$, являющиеся тормозящими. Момент сопротивления гребного винта $M_v$ при волнении моря складывается из момента упора винта $M_{vo}$, и колебательный составляющей момента $M_{vd}$, при ходе судно в спокойной воде, $\Delta M_{vd} \approx 0$

Баланс этих моментов определяет угловую частоту вращения гребного вала:

$$\mathcal{J}_g \frac{d\mathbf{\Omega}}{dt} = M_b - M_e - M_v \qquad (1)$$

где $\mathcal{J}_g$ – момент инерции вращающихся масс, приведенных к валу генератора. Обозначим сумму второй и третьей составляющий в правой части $M_c$, являющийся моментом сопротивления $M_c$:

$$M_c = M_e + M_v \qquad (2)$$

причем,

$$M_v = M_{vo} + \mathbf{\Delta} M_v \qquad (3)$$

В последнем выражении составляющая является знаком переменной. Когда направление $\Delta M_v$ и $M_b$ совпадает, частота вращения гребного вала возрастает сверх допустимой, в результате чего происходит отключение валогенератора. Учитывая выше изложенное, уравнение (1) принимает следующий вид:

$$\mathcal{J}_g \frac{d\mathbf{\Omega}}{dt} = M_b - M_c \qquad (4)$$

Это уравнение движения валогенератора.

Для удобство анализа переменную составляющею момента $\Delta M_v$ разлагаем на ряды Фурье:

$$\Delta M_v = \sum M_{vm} \sin(\omega_v t + \varphi_v) \qquad (5)$$

$M_{vm}$, $\omega_v t$, $\varphi_v$ – амплитуда, угол частота и начальная фаза $v$ – ой гармоники.

Каждая из этих гармоник момента создает составляющую гармонику колебаний угла сдвига ротора $\delta$ синхронного генератора. Этот угол является одним из основных параметров синхронной машины, а в обычных синхронных машинах разными авторами угол нагрузки называется углом устойчивости, углом поворота ротора [1-4].

Соответственно (5) угол $\delta$ при колебаниях ротора можно представить в виде:

$$\delta = \delta_0 + \sum_1^{v} \Delta\delta_{mv} \sin(\omega_v t + \varphi_v) \qquad (6)$$

где $\delta_0$ – значение угла сдвига ротора, соответствующее состоянию равновесия моментов на валу; $\Delta\delta_{mv}$, $\varphi_v$ – амплитуда и фаза $v$ – ой гармоники колебаний ротора.

Еще раз отметим, что здесь мы рассматриваем вынужденные колебания ротора синхронного валогенератора, вызванные морскими волнами.

Наличие гармоник различной частоты $\omega_v$ в составе момента сопротивления гребного винта может привести (во многих случаях приводит) к электромеханическому резонансу, представляющему большую опасность для работы синхронной валогенераторной установки.

Обратите внимание, что частота конкретных колебаний синхронного генератора ($\omega_o$) должна быть максимально отделена от частоты вынужденных колебаний ($\omega_v$), чтобы избежать резонанса. Это тоже тема исследования.

Исследованы причины вынужденных колебаний синхронного валогенератора судна и определено, что важнейшими из них являются вынужденные колебания момента сопротивления гребного винта весла, вызываемые морскими волнами. Опасность этих колебаний состоит в том, что при возникновении резонанса синхронный валогенератор в лучшем случае выходит из синхронизма или приведет к нарушению параллельной работы с судовой электроэнергетической сетью.

## Источники

1. Абдулкадыров А.И, Рустамов Р. М. Математическое моделирование в электромеханике. Изд-во Lambert Academic Publishing Германия, Монография 2015, 314с.

2. Abdulkadırov A.İ. Əliyev N.A. Xüsusi elektrik maşınları. Monoqrafiya, Bakı, Elm nəşriyyatı. 2018, 215p.

3. Абдулкадыров А.И., Рустамов Р. М. Применение энергосберегающих принципов управления в судовых электрических установках. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», РФ, 2014, N21.

4. Абдулкадыров А.И., Гаджибалаев Н.М. Исследование магнитного поля явнополюсной синхронной машины с продольно – поперечным возбуждением. Проблемы Энергетики, 2009. №2. С. 44-50.

УДК 629.3.082.3

# АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Газинур Маратович Рязапов[1], Виктор Иванович Доманов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
[1]mr.gazinur63@mail.ru, [2]andrew.domanov@gmail.com

**Аннотация:** В статье рассматриваются мобильные зарядные устройства для электромобилей, которые подразделяются на медленные и быстрые зарядные устройства. Также в стать представлены некоторые рыночные модели мобильных зарядных устройств. Рассмотрены основные преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** мобильные зарядные устройства, электромобиль, мощность, сила тока.

# ANALYSIS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF CHARGING DEVICES FOR ELECTRIC CARS

Gazinur Maratovich Ryazapov, Viktor Ivanovich Domanov

**Annotation:** The article discusses mobile chargers for electric vehicles, which are classified into slow and fast chargers. The article also presents some of the market models of mobile chargers. The main advantages and disadvantages are considered.

**Key words:** mobile chargers, electric vehicle, power, current strength.

Не так давно начали производиться электромобили, которые передвигаются за счет электроэнергии. С появлением электромобилей возникает проблема нехватки зарядных станций на заправках. Но есть решение этой проблемы. Для этого применяются мобильные зарядные устройства, которыми можно заряжать электромобиль через обычную розетку дома или на работе.

На сегодняшний день по степени мощности выделяют две категории зарядных устройств:

– медленные зарядные устройства,

– быстрые зарядные устройства.

К медленным зарядным устройствам относятся зарядные станции мощностью до 3 кВт, но существуют и иные модели, мощность которых 6 кВт. Время зарядки электромобиля зависит от мощности бортового зарядного устройства. Например, чтобы полностью зарядить аккумулятор устройством мощностью 3 кВт понадобиться 6-12 часов.

К быстрым зарядным устройствам относятся зарядные станции мощностью 7 кВт или 22кВт, которые работают от однофазной или трехфазной сети. Сила тока составит 32 А. Например, зарядное устройство

мощностью 7 кВт может зарядить электромобиль с аккумулятором 30 кВт·ч за 3-5 часов, а зарядное устройство мощностью 22 кВт заряжает за 1-2 часа.

Большинство электромобилей могут заряжаться от быстрых зарядных установок. Сейчас в России наиболее распространенным стандартом для зарядных установок является разъем *Type* 2.

В последние годы с увеличением количества электромобилей, на рынке электротоваров повысилось предложение на мобильные зарядные устройства для электромобилей. Рассмотрим некоторые из них:

1. *ClipperCreek HCS-40*

Это одна из самых универсальных зарядных станций, которые доступны на рынке. HCS-40 работает практически с любым транспортным средством, к примеру оно подходит *BMW i8, BMW i3, Ford Fusion Energi, Fiat 500e, Ford Focus Electric, Chevy Volt, Nissan Leaf и Ford C-Max.*

На станции есть индикаторы, указывающие на статус зарядки или на неполадки в электропитании. Длина кабеля - 7,5 метров. Рассчитана зарядная станция на напряжение от 208 до 240 вольт и силу тока в 32 ампера.

2. *Aerovironment RS EV*

Компания Aerovironment, которая производит зарядные устройства более 20 лет, заработала себе столь хорошую репутацию, что зарядки ее производства предпочитают такие известные производители, как *Mitsubishi, Volvo, Kia, Ford, Hyundai, Nissan и Fiat.*

*Aerovironment RS* – очень мощное зарядное устройство на 30 А, 240 В, которое способно полностью зарядить аккумулятор электромобиля в 5 раз быстрее, чем штатные зарядные устройства, который поставляется в комплектации с машиной. Компания Aerovironment настолько уверена в качестве своей зарядной станции, что предоставляет гарантию на 3 года.

3. *Siemens Versicharge 30*

Компания Siemens, уже давно зарекомендовавшая себя в области электроники и электротехники, выпустила на рынок свое собственное зарядное устройство *Versicharge* 30, рассчитанное на 30 А и 240 В. Оно способно зарядить большинство электрических транспортных средств менее чем за 3,5 часа. Еще одной особенностью является функция "длительной зарядки", при которой аккумулятор заряжается в течение 8 часов. Это очень удобно, когда ставишь электромобиль в гараже на ночь. Весит *Versicharge* 30 всего 7,2 кг и поставляется в комплекте с сетевым шнуром длиной 4,25 метра. На корпусе станции есть яркий светодиод, по

которому можно судить, насколько заряжен аккумулятор электромобиля [1].

Главными преимуществами этих зарядных устройств являются их мобильность, простота в использовании, надежность и универсальность (зарядное устройство практически подходит ко всем электромобилям). Тем более при помощи мобильных зарядных устройств можно заряжать электромобиль от обычной розетки.

К недостаткам мобильных зарядных устройств можно отнести долгую зарядку.

Таким образом, задача создания зарядных устройств является актуальной. Сами зарядные устройства должны быть универсальными по входному питанию. Необходимо создавать зарядные устройства, которые адаптируются к параметрам сети и позволяют обеспечить максимально быстрый заряд.

**Источники**

1. Зарядные станции для электромобилей: типы и их особенности [Электронный ресурс]. https://ev-avto.ru/electricheskie/zaryadnye-stancii-dlya-elektromobiley-tipy-i-ih-osobennosti (дата обращения 26.10.19).

УДК 621.31(04)

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Александр Сергеевич Данилов[1], Валерия Александровна Стародубцева[2]
[1,2]ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», г. Ижевск,
[1]danilov.al96@yandex.ru, [2]starodubceva_v_a@istu.ru

**Аннотация:** Статья посвящена актуальным вопросам реализации диагностики механических повреждений в электроприводе. Рассматриваются метод раннего выявления механических неисправностей и возможные сложности его реализации. В частности, предлагается использование преобразователя частоты со звеном постоянного тока для дальнейших исследования влияния повреждений вращающихся частей на электрические параметры электропривода с частотным регулированием.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, частотный преобразователь, повреждение вращающихся частей, законы частотного регулирования, ШИМ-модуляция.

# DETERMINATION OF MECHANICAL DAMAGE IN THE ELECTRIC DRIVE BY MONITORING THE ELECTRICAL PARAMETERS

Alexander Sergeevich Danilov, Valeria Alexandrovna Starodubceva

**Annotation:** The article is devoted to topical issues of implementation of diagnostics of mechanical damages in an electric drive. The method of early detection of mechanical failures and possible options for its problem are considered. In particular, it is proposed to use a frequency Converter with a DC link to further study the effect of damage to rotating parts on the electrical parameters of an electric drive with frequency control.

**Keywords:** asynchronous motor, frequency Converter, damage to rotating parts, frequency control laws, PWM -modulation.

Стандартный комплект защиты асинхронных электродвигателей (АД) представлен защитой от перегрузки и коротких замыканий в обмотках (максимальные защиты), а также защитой от недопустимого снижения напряжения. Для низковольтных АД в современных схемах электропривода с частотным регулированием большинство защит электродвигателя реализовано в преобразователе частоты (ПЧ), а для высоковольтных АД применяется специализированный терминал релейной защиты

Однако в большинстве даже самых сложных систем электропривода редко предусмотрен непрерывный контроль состояния вращающихся узлов механизма, что повышает риск преждевременного выхода АД из строя. Ситуация усугубляется тем, что стандартные максимально- токовые

защиты (тепловые реле, токоизмерительные органы ПЧ и т.п.) действуют на отключение только если механическое повреждение приведет к резкому росту момента на валу и перегрузке АД.

Известно, что разрушение подшипника, либо иной дефект, вызывающий кратковременное дополнительное сопротивление вращению вала, приведет к появлению изменений мгновенного значения потребляемого тока с частотами:

$$f = f_1 \pm \Delta f$$

Здесь $\Delta f$ – частота, пропорциональная числу пар полюсов машины и скорости вращения ротора. Для машины с одной парой полюсов при питании от сети 50Гц мгновенное значение тока будет изменяться с частотами 32…36 и 60…65Гц одновременно [1].

Когда АД работает от сети, измерение искомых гармоник не представляет сложности. В этом случае диагностику механических неисправностей сможет осуществлять терминал релейной защиты [2] Если же АД используется в схеме с частотным регулированием, то частота тока может быть выше или ниже 50Гц, что требует подстановки в выражение (1) ее фактического значения. Это, в свою очередь, при малых значениях частоты выходного напряжения, приведет к значительным искажениям передачи низших частот в трансформаторах тока [3], установленных на выходе ПЧ

Гораздо большей проблемой представляется необходимость выделения рассмотренных ранее частотных составляющих в токе сложной формы, получаемом на выходе ПЧ методом ШИМ. При этом для анализа амплитуд отдельных гармоник придется прибегнуть к разложению в гармонический ряд, что требует большого объема вычислений.

Одним из возможных решений обеих проблем представляется перенос точки измерения мгновенных значений тока- ток измеряется не в фазных проводниках АД, а в шине постоянного тока после сглаживающего фильтра (это возможно для ПЧ со звеном постоянного тока и активной коррекцией коэффициента мощности). При этом механическая неисправность вызовет периодическое изменение мгновенного значения потребляемого тока с частотами, рассмотренными ранее, или кратными им. Они легко могут быть отделены от частоты ШИМ (3…16кГц).

Таким образом, метод диагностики повреждения вращающихся элементов АД может быть легко реализован для высоковольтных АД на терминале релейной защиты, а в электроприводах малой и средней

мощности с частотным регулированием - на ПЧ со звеном постоянного тока.

## Источники

1. Булычев А.В., Козлов В.Н., Чернышев И.В. Совершенствование защит электродвигателей за счет упреждающего выявления механических дефектов // Релейная защита и автоматика. 2019. №4. С. 14-17.

2. Данилов А.С., Манаев Э.Е. Совершенствование защит электродвигателей // Доклад XV Кустовой науч.-техн. конф ПАО «НК»Роснефть». Сочи, 2020.

3. Афанасьев В.В., Адоньев Н.М., Жалалис. Л.В. Трансформаторы тока // 2-е изд., испр. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989.

УДК 681.513.3

# ПОВЕДЕНИЕ СЛЕДЯЩЕГО ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЗАДАЮЩИХ И ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Ильнур Ильсурович Зайнуллин[1], Артур Николаевич Филиппов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ilnur1996@gmail.com, [2]Pirozkow31@gmail.com.

**Аннотация:** В статье рассмотрен синтез регулятора контура положения следящего позиционного электропривода постоянного тока с астатизмом второго порядка, обеспечивающего получение заданных точностных характеристик. Проведено исследование зависимости ошибок от вида задающих и возмущающих воздействий.

**Ключевые слова**: электропривод, двигатель постоянного тока, астатизм второго порядка, контур тока, контур скорости, контур положения, стандартная настройка на оптимум по модулю.

# BEHAVIOR OF THE TRACKING POSITIONAL ELECTRIC DRIVE UNDER VARIOUS TYPES OF SETTING AND DISTURBING INFLUENCES

Ilnur Insuranec Zainullin, Artur Nikolaevich Filippov

**Annotation:** The article discusses the synthesis of the regulator of the position loop of the servo positional DC drive with second-order astatism, which ensures that the specified accuracy characteristics are obtained. The study of the dependence of errors on the type of setting and disturbing influences is carried out.

**Key words:** electric drive, DC motor, second-order astatism, current loop, speed loop, position loop, standard tuning to optimum modulus.

В качестве электромеханического преобразователя в разрабатываемом электроприводе применен двигатель постоянного тока МИ-32. ЭП имеет контур тока и контур скорости, в которых реализована стандартная настройка на оптимум по модулю.

Для синтеза регулятора использовался метод ЛЧХ, основанный на сопоставления ЛЧХ $L_н(\omega)$, $\theta_н(\omega)$ разомкнутой нескорректированной системы с так называемыми желаемыми ЛЧХ $L_ж(\omega)$, $\theta_ж(\omega)$, при формировании которых учитывались требования к точностным характеристикам и динамическим показателям электропривода, сформулированные в техническом задании[1].

Желаемая передаточная функция ЭП с астатизмом второго порядка

$$W_{ж}(s)=\frac{K_{\varepsilon}(T_{1ж}s+1)}{s^2(T_{2ж}s+1)}=\frac{24{,}2437(0{,}6736s+1)}{s^2(0{,}0321s+1)}; \qquad (1)$$

Передаточная функция неизменяемой части ЭП

$$W_{н}(s)=\Phi_{кс}^{ом}(s)\cdot K_{ДП}=\frac{K_{дп}/K_{тг}\left(T_{тг}s+1\right)}{2\left(T_{\Sigma}^{кс}s\right)^2+2T_{\Sigma}^{кс}s+1}=\frac{1257{,}86(0{,}0018s+1)}{9{,}248\cdot10^{-5}s^2+0{,}0136s+1} \qquad (2)$$

Далее вычисляется передаточная функция регулятора положения $W_{рп}(s)=W_{ж}(s)/W_{н}(s)$ и строится ее ЛАЧХ, представленная на рис. 1.

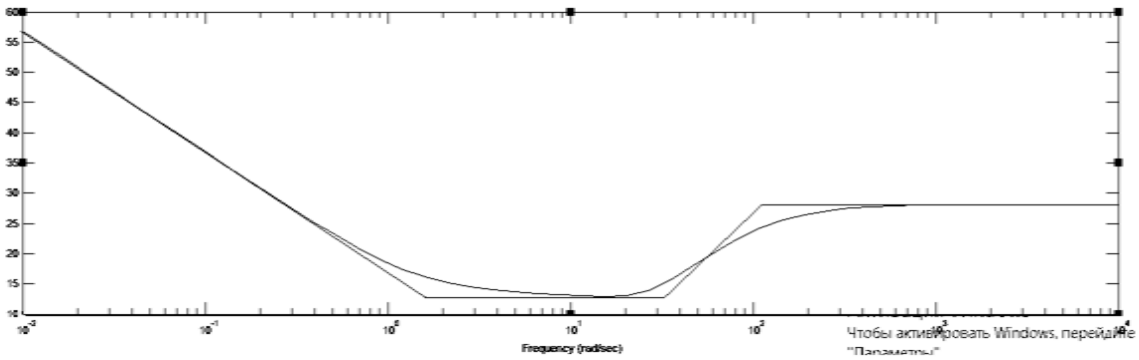



Рис. 1. ЛАЧХ регулятора положения

Полученную ЛАЧХ следует аппроксимировать четырьмя асимптотами и придать регулятору положения свойства ПИД-регулятора[2]

$$W_{рп}(s)=\frac{W_{ж}(s)}{W_{н}(s)}=\frac{K_{рп}(T_1s+1)(T_2s+1)}{T_1s(T_3s+1)}=\frac{6{,}3981(0{,}76923s+1)(0{,}03205s+1)}{0{,}76923s(0{,}00833s+1)} \qquad (3)$$

Структурная схема динамической модели следящего позиционного электропривода постоянного тока с астатизмом второго порядка показана на рис.2.

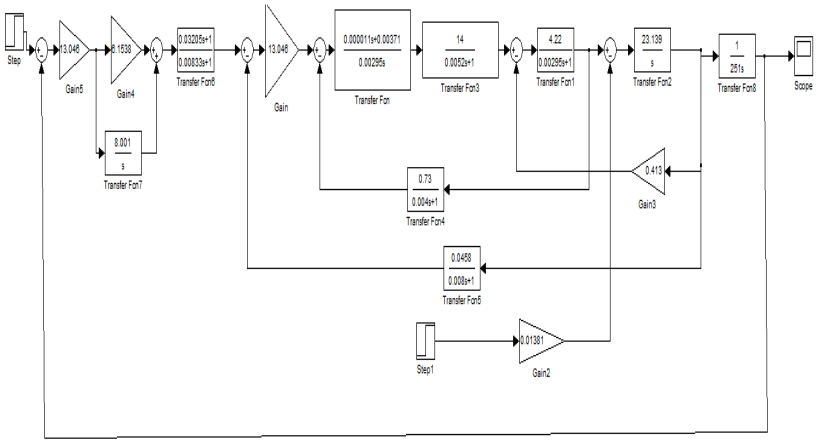



Рис. 2. Структурная схема динамической модели следящего позиционного электропривода постоянного тока с астатизмом второго порядка

Моделирование структурной схемы динамической модели производилось с применением программы *Matlab*. Результаты моделирования показаны на рис.3-6, из которых видно, что ошибки системы зависят от вида задающих и возмущающих воздействий.

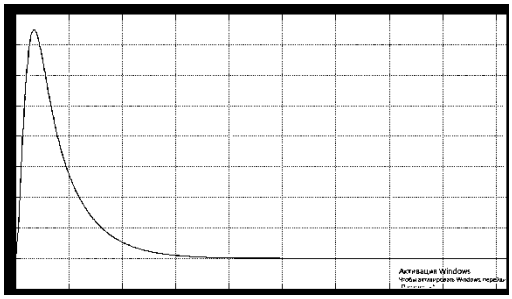


Рис. 3. График ошибки системы при линейно возрастающем задающем воздействии

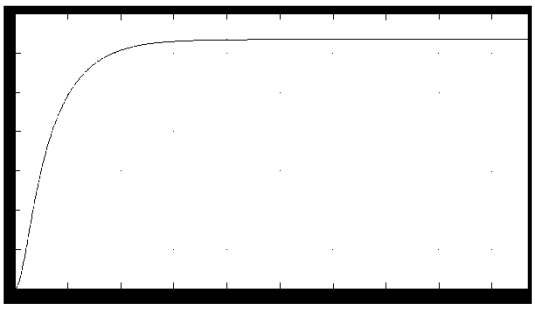


Рис.4. График ошибки системы при квадратично возрастающем задающем воздействии

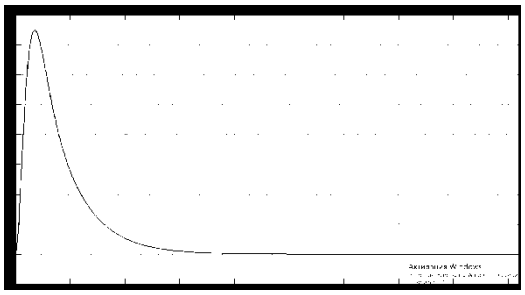


Рис.5. График моментной составляющей ошибки системы при ступенчатом моменте сопротивления

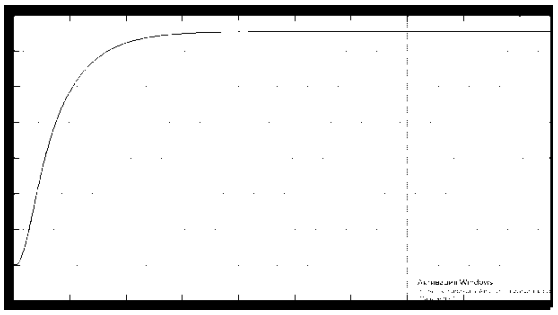


Рис.6. График моментной составляющей ошибки системы при линейно возрастающем моменте сопротивления

## Источники

1. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Медведев Г.М. Основные этапы проектирования электроприводов // Развитие технических наук в современном мире: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Воронеж, 2015. С. 180-183.

2. Бутаков В.М., Баязитов В.О., Дудкин И.М. Расчет характеристик электроприводов // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях, / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Санкт-Петербург, 2017. с. 94-98.

УДК 629

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Наргиза Жахонгировна Закирова[1], Максим Алексеевич Истопленников[2]
Павел Павлович Павлов[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]zakirova_nargiza29.01.96@mail.ru, [2]istoplennikov97@mail.ru

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены представлены некоторые методы повышения надежности элементов и систем электроподвижного состава в условиях его эксплуатации.

**Ключевые слова:** электроподвижной состав, аккумуляторная батарея, надежность, метод, контроль.

# RESEARCH OF METHODS FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF ELEMENTS AND SYSTEMS OF ELECTRIC ROLLING STOCK UNDER OPERATING CONDITIONS

Nargiza Zakirova Jahangirova, Maksim Alekseyevich Istuplennikov,
Pavel Pavlovich Pavlov

**Annotation:** This article describes some methods for improving the reliability of elements and systems of electric rolling stock in its operating conditions.

**Keywords:** electric rolling stock, battery, reliability, method, control.

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (ГОСТ 27,002-89).

Надёжность – является одним из самых важных параметров техники. Её показатели необходимы для оценки качества техники, её эффективности, живучести, риска. Надёжность зависит от многих внешних и внутренних факторов и оценивается многими критериями и показателями. Это привело к появлению в теории надёжности большого числа различных терминов и определений.

При эксплуатации батарей, составленных из большого числа последовательно соединенных элементов, например в качестве источников аварийного питания систем автоматики элекрического транспорта, нередки случаи, когда отказ батареи происходит из-за выхода из строя одного из

элементов. Это становится возможным при внутреннем обрыве из-за истончения и осыпания пластин у кислотно-свинцовых аккумуляторов типа АБН-72, АБН-80, ССАП-76 (их номинальное напряжение 2,25±0,05 В). По этой причине нередки сбои в работе устройств автоматики. А так как эти устройства являются малообслуживаемыми и регламентные проверки проводятся не чаще 1 раза в 4 недели, то для предотвращения сбоев и отказов было предложено подключить, параллельно каждому элементу, диод включенный в обратном направлении. При выходе же из строя какого-либо аккумулятора (обрыве) его напряжение уменьшится и диод откроется. Таким образом, неисправный элемент исключается из общей цепи – он будет замкнут прямым сопротивлением диода.

Допустимый прямой ток диодов должен быть не менее двухкратного наибольшего тока разряда батареи. Их обратный ток должен быть минимальным. При последовательном соединении элементов в батарее допустимое обратное напряжение диодов не имеет значения, т. к. оно заведомо больше ЭДС одного элемента. Разумеется, чистота поверхности батареи и клемм, а также надежность крепления последних на полюсных выводах и правильное натяжение ремня генератора – обязательны. Следующий уровень заботы о состоянии батареи требует контроля напряжения на ее выводах, поддерживаемого регулятором напряжения при работающем Отклонение напряжения на 10% относительно оптимального ускоряет выход из строя батареи в 2-2,5 раза. При этом часто забывают, что сама величина оптимального напряжения довольно сильно зависит от температуры электролита: с повышением температуры оптимальное напряжение для свинцовых 12-вольтовых аккумуляторных батарей, работающих в буферном режиме, снижается со скоростью примерно 25 мВ/°С. Это означает, что если при температуре электролита +25 °С оптимальное напряжение равно 13,8 В, то при -25°С оно должно составлять примерно 15,0 В, а при +40 °С - 13,4 В.

Системы контроля и регулирования («регуляторы напряжения») играют очень важную роль в продлении срока службы аккумуляторной батареи. На практике это приводит к тому, что летом зарядное напряжение превышает оптимальное на 10%, аккумулятор перезаряжается, электролит «кипит», что сопровождается не только разложением электролита и потерей воды, но и, что гораздо важнее, отрывом частиц активной массы электродов и накоплением на дне банки аккумулятора шлама. В результате требуется частая доливка дистиллированной воды, емкость батареи неуклонно снижается, и в конце концов, через слой шлама или оплывшую активную массу происходит короткое замыкание электродов.

Так же одним из важнейших аспектов в эксплуатации электронных систем автомобиля является контроль параметров аккумуляторной батареи (АКБ) и диагностирование (прогнозирование) ее состояния. Ведь аккумулятор это основа работоспособности всей электронной системы автомобиля.

Можно рассмотреть прецизионный монитор АКБ *Expert-PRO,* особенностью которого является возможность измерения остаточной емкости аккумулятора независимо от нагрузки. Самый простой способ определить, насколько заряжена АКБ - это измерить напряжение.

Внедрение этой системы позволит обеспечить постоянный и непрерывный сбор информации по основным параметрам (напряжение, ток, ёмкость, уровень электролита, температура) каждого элемента аккумуляторной батареи, сократить ручной сбор информации и облегчить эксплуатацию аккумуляторных батарей.

В корпусе (крышке) АКБ предлагается создать диагностический комплекс по мониторингу и обработке не только выше указанных параметров, но так же параметра плотности и некоторых других с последующей передачей обработанных данных на дисплей. Для сбора этих параметров каждой из 6 секций АКБ (стандартный аккумулятор легкового автомобиля) установим по 3 типа погружных датчиков: датчики плотности, температуры, уровня электролита и вольтметр, которые будут собирать соответствующие показания плотности, температуры, уровня и напряжения с последующей передачей на контроллер и обработкой.

Таким образом, подводя итоги можно отметить, что использование новых систем для мониторинга АКБ совместно с предложенными конструкциями регуляторов напряжения позволит своевременно выявлять проблемные места не только в АКБ, но и в системе питания автомобиля в целом, а так же даст возможность более точно контролировать и регулировать заряд аккумуляторной батареи.

## Источники

1. Система управления и диагностики электровоза ЭП10. / Под ред. С.В. Покровского. М.: Интекст, 2009, 356 с.

2. Грищенко А.В., Стрекопытов В.В., Ролле И.А. Устройство и ремонт электровозов и электропоездов: учебник для нач. проф. образования / под ред. А.В. Грищенко. М.: Издательский центр «Академия», 2008.

3. Карпатенко А.В. Диагностика технического состояния машин: учебное пособие. 2017

4. Носов. В.В. Диагностика машин и оборудования: учебное пособие / СПб.: Лань, 2016. 376 с.

УДК 621.311.42

# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГА ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Игорь Владимирович Ившин[1], Алсу Ренатовна Галяутдинова[2],
Олег Вячеславович Владимиров[3], Марат Фирденатович Низамиев[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ivshini@mail.ru,[2]Alsu296@ya.ru, [3]ovladimirov2011@yandex.ru,
[4]marat.nizamiev.90@mail.ru

**Аннотация:** Целью работы является анализ и предложение по внедрению приборов и методики по слежению за техническим состоянием оборудования подстанций 35/6 кВ. Данная система мониторинга позволит провести экспресс-анализ технического состояния подстанции, более эффективно эксплуатировать энергетическое оборудование.

**Ключевые слова:** методика, ремонт оборудования, неисправность, экспресс-мониторинг, трансформаторная подстанция, техническое состояние.

# ESTIMATION OF THE PERFORMANCE OF THE TRANSFORMER SUBSTATION BY THE RESULTS OF EXPRESS MONITORING OF ITS ELEMENTS

Igor Vladimirovich Ivshin, Alsu Renatovna Galyautdinova,
Oleg Vyacheslavovich Vladimirov, Marat Firdenatovich Nizamiev

**Annotation:** The aim of the work is to analyze and offer a proposal for the introduction of devices and methods for monitoring the technical condition of equipment at 35/6 kV substations. This monitoring system will make it possible to carry out an express analysis of the technical condition of the substation, and to operate power equipment more efficiently.

**Key words:** methods, equipment repair, malfunction, express monitoring, transformer substation, technical condition.

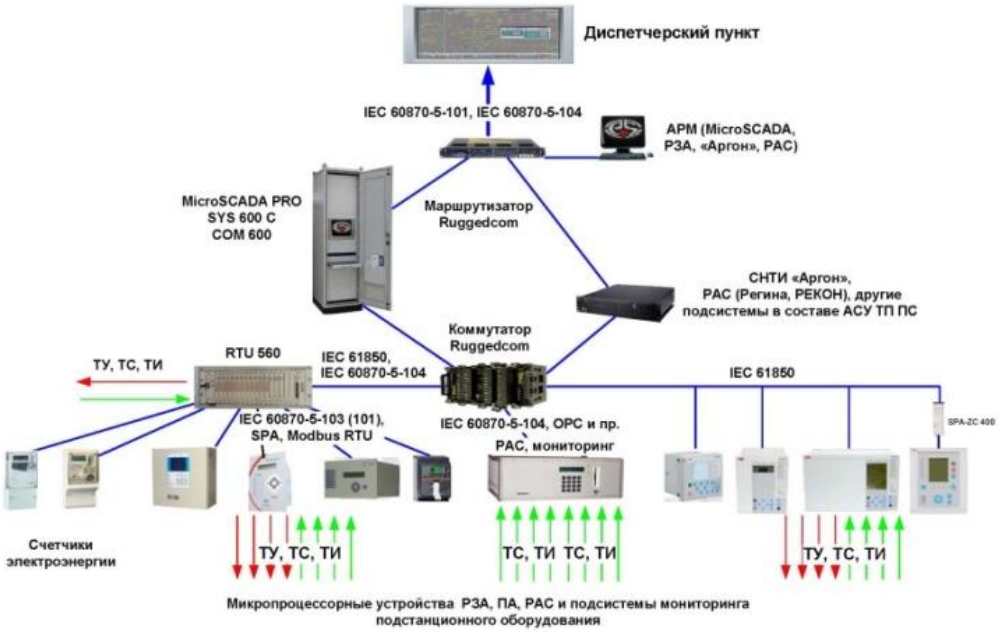
С развитием рыночных отношений в электроэнергетике возрастает экономическая ответственность энергетических компаний за нарушение нормального режима работы энергосистемы и снижение качества электроэнергии, поставляемой потребителю. На сегодняшний день, существующая система технического обслуживания и ремонта оборудования электрических подстанций, включающая периодический визуальный осмотр объекта оперативным персоналом, планово-предупредительный ремонт, диагностирование объектов по графику,вывод в ремонт по сроку эксплуатации, является экономически нецелесообразной[3].

Разработка и внедрение приборов и методик по слежению за техническим состоянием оборудования подстанций, которые обеспечивают процесс удаленного наблюдения и контроля за состоянием действующего оборудования, прогнозирования изменения технического состояния на основе собранных данных является актуальной задачей. Решение данной задачи позволит перейти к организации ремонта основного энергетического и электротехнического оборудования подстанции по фактическому состоянию [1].

Перечень диагностических параметров, необходимых для оценки технического состояния оборудования трансформаторной подстанции, определяется в соответствии со следующими критериями:

1. Диагностические параметры должны в полной мере обеспечивать возможность определения технического состояния оборудования подстанции.

2. Диагностические параметры должны регистрироваться и анализироваться в режиме реального времени (в режиме онлайн) с целью определения технического состояния оборудования подстанции.




Система мониторинга трансформаторной подстанции

Систему мониторинга можно представить в виде трех уровней (рис.):

1. Датчики и другие контрольно-измерительные приборы (полевой уровень);

2. Программируемые логические контроллеры (уровень первичной обработки измеряемых параметров и команд управления);

3. Диспетчерский пункт, автоматизированное рабочее место, серверы (уровень консолидации, хранения и визуализации) [2].

Задача диагностического оборудования для трансформаторной подстанции – оперативно и дистанционно регистрировать изменения параметров, контролируемого оборудования подстанции, отслеживать динамику их роста (скорость изменения). Экспресс-мониторинг определяется не только как механизм постоянного наблюдения за основными параметрами оборудования подстанции, но и как инструмент оперативного выявления неисправностей оборудования.

Большинство диагностических систем в настоящее время работают отдельно друг от друга и позволяют оценить техническое состояние каждого элемента подстанции индивидуально. Разработка и внедрение систем мониторинга технического состояния оборудования подстанции, позволяющих проводить дистанционное обследование в процессе эксплуатации под нагрузкой и разработка методики по слежению за техническим состоянием оборудования, которая позволит установить связи между различными параметрами и оценивать техническое состояние трансформаторной подстанции комплексно, основываясь на данных, полученных со всех приборов.

## Источники

1. Приказ Минэнерго России (Министерства энергетики РФ) от 25 октября 2017 г. №1013 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики» [Электронный ресурс] Доступно по: URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71807490/ (дата обращения: 29.03.2018).

2. Денисова А.Р., Спасов Д.П., Галяутдинова А.Р., Иванова В.Р. «Исследование работоспособности и качества функционирования трансформаторного оборудования электротехнических систем» выходные данные: Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т 22. №3.С. 23-35.

3. Ившин И.В., Грачева Е.И., Горлов А.Н., Алимова А.Н. «Повышение надежности функционирования электрических аппаратов и электрооборудования систем электроснабжения. (монография). Издательство «Отечество», г. Казань, 2020, С. 238.

УДК 629

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУЗОВОГО ТРОЛЛЕЙБУСА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Максим Алексеевич Истопленников[1], Наргиза Жахонгировна Закирова[2]
Павел Павлович Павлов[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]istoplennikov97@mail.ru, [2]pavlov2510@mail.ru,[3]Zakirova_nargiza29.01.96@mail.ru

**Аннотация:** В статье предложено использовать парк подвижного состава городского электрического транспорта (ГЭТ) города Казань в сфере грузового транспорта. На одном из этапов предполагается использование троллейбусов, модернизированных под грузовой вид транспорта для перевозки различных видов груза из логистических центров.

**Ключевые слова:** троллейвоз, электрический транспорт, Siemens.

# THE USE OF CARGO TROLLEY FOR THE TRANSPORT OF GOODS

Istoplennikov Maxim Alekseevich, Zakirova Nargiza Jahongirovna,
Pavel Pavlovich Pavlov

**Annotation:** The article suggests using the rolling stock fleet of urban electric transport (get) in the city of Kazan in the field of freight transport. At one stage, it is planned to use trolleybuses that have been upgraded for cargo transport to transport various types of cargo from logistics centers.

K**eywords:** trolleybus, electric transport, Siemens.

Грузовой троллейбус или троллейвоз – разновидность электрического транспорта с питанием от контактных проводов, которые используют для грузовых перевозок [1,4].

Развития экологически чистого электрического транспорта (ЭТ) в мире является одной из актуальных задач. Задача развития ЭТ является одним из ключевых показателей эффективности работы регионов России.

Изначально, советские грузовые троллейбусы начали появляться в тридцатые годы прошедшего столетия. Применялись подобный транспорт с целью личных потребностей троллейбусных депо. Со Временем область использования подобных машин начала увеличиваться. Эксплуатационщики подумали о применении троллейвозов в этих участках, где контактной сети никак не существовало. В городе Москве, были созданы первоначальные настоящие грузовые троллейкары – троллейбусы, оборудованные вспомогательным комплектом

аккумуляторов, вследствие чему они имели возможность отклоняться на значительные дистанции от контактной сети [2].

В проекте предусматривается использование троллейвозов или переоборудованных троллейбусов из пассажирских в грузовой, для перевозки из логистических центров за городом, в ближайшие логические центры в городе [5].

Основные достоинства проекта:

1. Развитие экологически чистого ЭТ в РТ.

2. Создание рабочих мест и новой статьи дохода для предприятий ГЭТ.

3. При транспортировки груза в ночное время выравнивание нагрузки энергосистемы.

4. Уменьшение шумового загрязнения в ночное время.

5. Малые капитальные затраты при использовании существующего парка ГЭТ.

6. Обслуживание и ремонт на базах предприятий ГЭТ.

Подразумевается в модернизации пассажирского троллейбуса в том:

1. Демонтаж перил и поручней;

2. Демонтаж всех кресел;

3. Для перевозки длинного и габаритного грузов, установка дверей сзади троллейбуса;

4. Установка дополнительного отсека, для аккумуляторов.

Если рассмотреть схему движения троллейбусов на 2020 год и расположение логистических центров в Казани, в городе и за его приделами, то при правильном использование и доработки схем троллейбусов, за небольшой промежуток времени можно окупить затраты [5].

Так как проект находится на стадии идеи, изучается зарубежный опыт, просчитываются материальные затраты на различные варианты грузовой техники и т.п.

Фирма *Siemens* приступила к программе вместе со фирмой *Scania* поставить для 3-х электрифицированных грузовиков Германии пятнадцать экспериментальных седельных тягачей на проверку. Постановление было общепринято на уровне Федерального министерства окружающей среды, охраны природы также ядерной безопасности Германии (*BMU*) согласно результатам открытого тендера.

Сперва тестирования начнутся в Гессене в автобане А5. Последующим участком будет электрифицированный отрезок автобана А1 вплоть до порта Любек. В Конечном Итоге, 3-ий участок

электрифицированной автомагистрали будет проложен в Баден-Вюртемберге в федеральной дороге B462 в начале 2021 года.

Автомобили станут эксплуатироваться транспортными фирмами в реальных автотранспортных операциях [3].

Согласно исследованиям, электрифицированные автомобильные дороги являются альтернативой по сокращению выбросов CO2.

## Источники


1. Максимов А. Н. Городской электротранспорт: Троллейбус: Учебник для нач. проф. образования М // Издательский центр «Академия», 2004. 256 с.

2. Юдин В.Д., Самойлов Д. С. Городской транспорт. Учебник для ВУЗов. М ,Стройиздат, 1975. 287 с.

3. Богдан Н.В., Атаманов Ю.Е., Сафонов А.И. Троллейбус - теория, конструирование, расчёт, 1999.

4. Аухадеев А.Э., Киснеева Л.Н., Павлов П.П. Инновационный подход в организации системы городского электрического транспорта современного мегаполиса:бионическая концепция. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, НГАВТ, Новосибирск.2013. №2 С. 56-58.

5. Бутаков В.М., Аухадеев А.Э., Павлов П.П. Развитие теории транспортных систем на основе методологических достижений современной науки. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2017. №3-4. С. 27-30

УДК 621.314.26:662.998

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Олег Александрович Капитонов[1], Артем Сергеевич Третьяков[2]
[1,2]Белорусско – Российский университет, г. Могилев
[1]kapitonov1987@gmail.com, [2]loggie121@gmail.com

**Аннотация:** В статье обоснована важность учета тепловых режимов работы асинхронных электродвигателей при их эксплуатации. Предложена концепция и конструкция лабораторного комплекса, предназначенного для исследования тепловых режимов работы асинхронных электродвигателей.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, тепловой режим, программное обеспечение, испытания, тепловая модель.

# DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR INVESTIGATION AND PREDICTION OF THERMAL MODES OF INDUCTION MOTORS

Oleg Aleksandrovich Kapitonov, Artem Sergeevich Tretsiakov

**Annotation:** The article justifies the importance of considering thermal modes of induction motors operation during their operation. The concept and design of laboratory complex intended for investigation of thermal modes of induction motors operation is proposed.

**Keywords**: software and hardware complex, induction motor, thermal mode, software, tests, thermal model.

Одним из важных факторов длительной и безотказной работы асинхронного электродвигателя является обеспечение номинального теплового режима работы. Эксплуатируя асинхронные электродвигатели в установленных заводом-изготовителем условиях, а также проводя плановые профилактические осмотры, можно получить длительный срок безотказной работы электрических машин.

Одним из пунктов осмотров (или испытаний) асинхронных электродвигателей является измерение температуры отдельных узлов, и испытание электрических машин на нагревание. Для решения данных задач был разработан научно – исследовательский комплекс [1].

Основными элементами стенда являются станция управления, персональный компьютер, электромашинный агрегат, и аэродинамическая труба.

Станция управления предназначена для создания системы «Двигатель - преобразователь», создания нагрузки на валу, имитации режимов работы *S*1-*S*6, а также снятия экспериментальных данных с датчиков.

Электромашинный агрегат представляет собой установку, на которую монтируется испытуемый асинхронный электродвигатель, и соединяется через муфту с нагрузочным электродвигателем.

Аэродинамическая труба предназначена для исследования вентиляционных режимов работы испытуемого асинхронного электродвигателя.

В основе измерительной и регистрирующей системы лежит персональный компьютер. Считывая с измерительных приборов информацию по интерфейсу *RS*-485 (информация проходит через преобразователь интерфейсов *RS* - 485/*RS* - 232), он проводит обработку и вывод полученной информации в текстовом, табличном, или графическом виде в специализированное программное обеспечение «*IM View*».

Данное программное обеспечение предназначено для идентификации теплового состояния испытуемого асинхронного электродвигателя. В зависимости от поставленной задачи для измерения температур отдельных узлов асинхронной машины используются либо датчики температуры (расположенные на электродвигателе, или заложенные в него), либо косвенное определение температур.

В основе косвенного определения температуры лежит математическая модель, содержащая электромагнитную, энергетическую, вентиляционную, и непосредственно тепловую подмодели, а также подмодель идентификации и инициализации начальных значений всех переменных, участвующих в расчетах.

Для корректной работы всей системы вначале программируется подмодель идентификации и инициализации начальных значений переменных. После запускаются все остальные подмодели.

В основе электромагнитной подмодели лежит двухфазная математическая модель асинхронного электродвигателя. В качестве исходных данных используются параметры схемы замещения, снимаемые параметры токов и напряжений статора, момента, и скорости. Выходными данными являются восстановленный график момента и (или) скорости (в случае отсутствия соответствующих датчиков), а также преобразованные сигналы токов и напряжений на статоре.

В основе энергетической подмодели лежит энергетическая диаграмма. Входными данными являются данные, полученные из

электромагнитной модели, выходными данными являются потери в отдельных узлах испытуемого асинхронного электродвигателя.

В основе вентиляционной подмодели лежит математический аппарат, описывающий параметры вентилятора, и интенсивность вывода потерь из электродвигателя.

В основе непосредственно тепловой подмодели лежит метод эквивалентных тепловых схем замещения. В зависимости от решаемой задачи тепловая система может быть много-, двух- или трехмассовой. На основании полученных данных всех моделей идет постоянный расчет требуемых температур. Также используется прогнозирование теплового состояния, на основе которого формируется управляющее воздействие на силовой преобразователь напряжения для предотвращения выхода асинхронного электродвигателя из номинального режима, а также изменения частоты вращения вентилятора наездника для коррекции скорости отвода тепловых потерь из электрической машины.

Полученные результаты можно использовать для ряда задач: коррекция значений сопротивлений статора и ротора, построение обратной связи по температуре при использовании наездников, а также прогнозирование остаточного теплового ресурса изоляции обмоток статора испытуемого асинхронного электродвигателя.

## Источники

1. Третьяков, А.С. Аппаратное и программное обеспечение для исследования тепловентиляционных режимов асинхронных электродвигателей // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого; под общ. ред. А. А. Бойко. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. С. 289-292.

2. Третьяков, А. С. Моделирование тепловентиляционных режимов работы асинхронных электродвигателей при питании от синусоидального источника напряжения // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2018. № 2 (73). С. 66–73.

УДК 621.391

# ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГМА-ДЕЛЬТА МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ ПЛИС ДЛЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ АНАЛОГОВЫХ ВЕЛИЧИН В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Анастасия Константиновна Котельникова, Алексей АнатольевичДмитриев
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г.Москва
kotelnikowa-nas@yandex.ru, alexeydmitrievmp@yandex.ru

**Аннотация:** В работе рассматривается вопрос создания модуля для ПЛИС для цифровой обработки сигма-дельта модулированных сигналов для задач измерения аналоговых величин в электроприводе. Решается задача приема и декодирования разных типов входного сигнала, и его синхронизация с тактовой частотой модуля. Результаты, полученные при обработке входного сигнала модулем, подтверждаются экспериментально.

**Ключевые слова:**ПЛИС, сигма-дельта модулированный сигнал, Манчестерское кодирование, синхронизация, битстрим, электропривод.

# DIGITAL SIGMA-DELTA MODULATED SIGNALS PROCESSING VIA FPGA FOR MEASURMENT OF ANALOG SIGNALS IN ELECTRIC DRIVES

Anastasia Konstantinovna Kotelnikova, Alexey Anatolevich Dmitriev

**Annotation:** In this paper created FPGA module for digital sigma-delta modulated signals processing is described. Different kinds of input signals are considered and principles of their synchronization with FPGA clock are described. Obtained results are compared with experimental data.

**Keywords:** FPGA, sigma-deltamodulated signal, Manchester code, synchronization, bitstream, electric drive.

Развитие полупроводниковых приборов привело к созданию микросхем, осуществляющих сигма-дельта модуляцию, а также систем на кристалле, которые включают в себя процессор и программируемую логику, что в совокупности позволяет повысить точность измерения.

Дельта-сигма модулятор измеряет падение напряжения на шунте, которое преобразуется в высокоскоростной однобитовый цифровой сигнал. Модулированный сигнал поступает на вход демодулятора, который представляет из себя фильтр низких частот и дециматор. В нем сигнал преобразуется в цифровой код, адаптированный для ПЛИС или микроконтроллера.

Некоторые сигма-дельта модуляторы генерируют выходной сигнал в виде манчестерского кода. Манчестерское кодирование- один из методов

цифрового кодирования сигналов при их передаче. Существуют различные варианты манчестерского кодирования [2].

Разрабатываемый модуль предназначен для применения в сервоприводе и точного измерения токов фаз и напряжения на звене постоянного тока (ЗПТ) является одной из ключевых задач, необходимых для корректной работы системы управления.

Общий вид созданного блока представлен на **Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**.

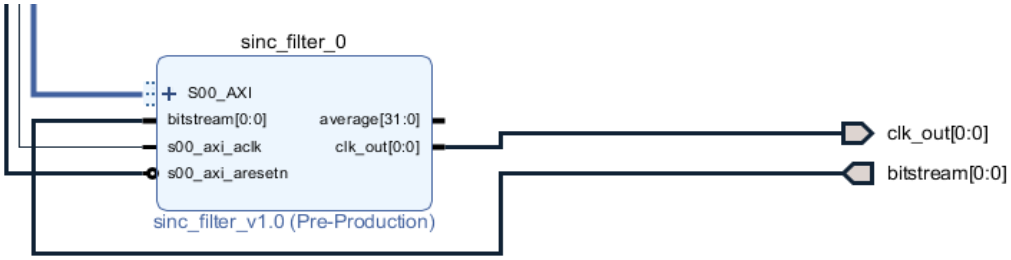



Рис. 1. Общий вид созданного блока

*Bitstream* – порт, предназначенный для подачи входного битстрима на ПЛИС;

*Clk_out* – выходной порт, предназначенный для создания тактирующего сигнала с частотой, равной частоте принимаемого на вход битстрима, которая задается в настройках блока;

*Average* – результат приема, обработки и вычисления среднего значения входного сигнала, который может быть передан на другой модуль.

*S00_AXI* – порт *AXI*- интерфейса, который отвечает за связь программируемой логики с процессором.

На Рис. 2 показаны редактируемые параметры созданного модуля.

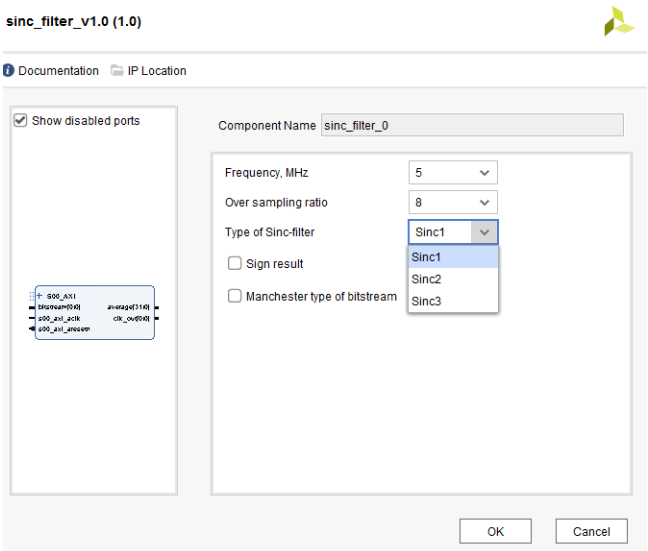



Рис. 2. Параметры блока *Sinc*-фильтра

Алгоритм приема сигнала в виде Манчестерского кодирования: Сначала входной сигнал синхронизируется с тактовой частотой IP блока методом двойного Д-триггера. Это исключает возможность метастабильного состояния входа и возможность изменения входного сигнала во время его обработки. Данный метод синхронизации и понятие метастабильного состояния более подробно рассмотрены в [1]. Далее происходит оцифровка входного битового потока. Каждый бит входного сигнала сэмплируется (считывается) *N* раз на частоте тактирования блока (120 МГц), где N= 120/(2**frequency*), frequency-частота входного сигнала в МГц. Решение о том, какому значению равен принятый бит, делается на основе всех сэмплов: если количество сэмплов со значением 0 превышает количество сэмплов со значением 1, то принятый бит равен 0, и наоборот. После этого из принятого зашифрованного битового потока происходит расшифровка данных - из двух бит Манчестерского битстрима получается 1 бит данных, который передается в модуль фильтра для дальнейшей обработки.

Прием обычного битстрима происходит аналогично приему Манчестерского, но в этом случае N=120/(frequency), а каждый принятый бит сразу передается в модуль фильтра для дальнейшей обработки.

Для того, чтобы значение принятого бита определялось верно, необходимо, чтобы смена уровня входного сигнала происходила одновременно с обнулением счетчика числа сэмплов. Для этого в программе предусмотрена синхронизация: в случае смены значения входного сигнала происходит проверка значения счетчика, и, если оно не равно 0, то счетчик «подстраивается» необходимым образом.

Для наблюдения результатов эксперимента данные с ПЛИС передавались на персональный компьютер, где они были фиксированы. Измерение тока производилось со следующими настройками блока:

*OSR*=64; тип фильтра: *Sinc*-3; Частота тактирования:20 МГц. При измерении напряжения были использованы следующие настройки: *OSR*=32; тип фильтра: *Sinc*-3; Частота тактирования:20 МГц.

На звено постоянного тока было подано постоянное напряжение (24В). Напряжение измерялось дельта-сигма модулятором, далее сигнал обрабатывался на ПЛИС, передавался на процессор и был осциллографирован. Относительная погрешность при данных измерениях получилась равной 0,1%.

Результаты измерения представлены на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и Рис. 3.


Рис. 3 Результат измерения напряжения на звене постоянного тока.

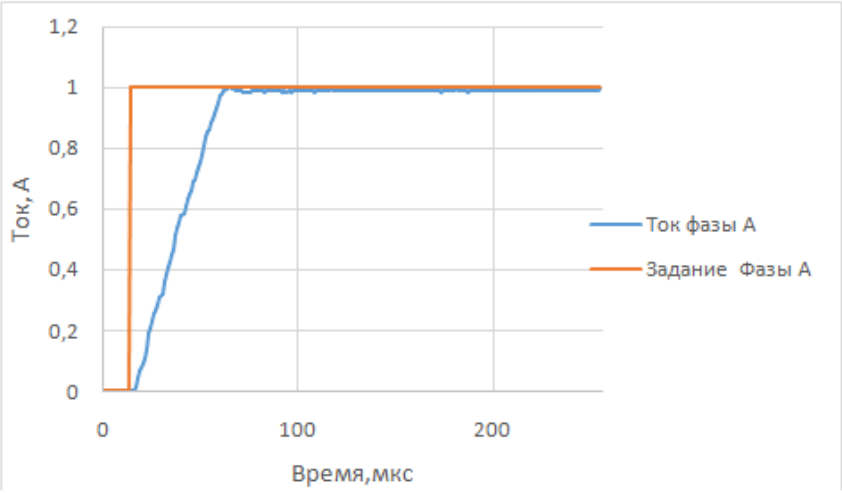



Рис. 3. Осциллограмма токов фаз при скачке задания тока.

## Источники


1. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. Дэвид М. Харрис и Сара Л. Харрис. 1662 с.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Манчестерское_кодирование

УДК 62-523.2

# ВЛИЯНИЕ УГЛА УСТАВКИ ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Михаил ДмитриевичКузнецов[1], Виктор Иванович Доманов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
[1]stalker2191@yahoo.com, [2]andrew.domanov@gmail.com

**Аннотация:** В статье рассматриваются электромеханические характеристики двигателя в зависимости от угла уставки датчика положения ротора и наличия регуляторов тока и скорости. В программной среде *Matlab/Simulink* был смоделирован вентильный двигатель и электропривод. Результаты моделирования занесены в таблицу.

**Ключевые слова:** вентильный двигатель, датчик положения ротора, электромеханические характеристики, векторное управление.

# EFFECT OF SET POINT ANGLE OF ROTOR POSITION SENSOR ON ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE VENT MOTOR

Mikhail Dmitrievich Kuznetsov, Viktor Ivanovich Domanov

**Annotation:** The article discusses the electromechanical characteristics of the motor depending on the setting angle of the rotor position sensor and the presence of current and speed regulators. In the Matlab / Simulink software environment, a brushless motor and an electric drive were modeled. The simulation results are listed in the table.

**Key words:** valve motor, rotor position sensor, electromechanical characteristics, vector control.

Вентильный двигатель представляет из себя сложное устройство, которое состоит из нескольких узлов: коммутатора, двигателя и датчика положения ротора (ДПР) [1]. Электромеханическая часть - машина - выполняется в виде синхронной машины - с возбудителем (или постоянным магнитом), датчика положения ротора (ДПР) и системой охлаждения (вентилятора). Электронная часть - коммутатор - выполняется в виде отдельного блока с силовой системой полупроводниковых ключей, роль которых могут выполнять транзисторы или тиристоры. Датчик положения ротора позволяет определить взаимное угловое положение ротора и статора и выдает команды для управления схемой коммутации обмоток.

Для управления данным типом двигателя часто используют векторное управление. При данном способе управления контроль двигателя осуществляется путем управления пространственным вектором потока. В векторном управлении используются следующие системы координат: неподвижная трехфазная система ABC, Декартовая система координат $\alpha\beta$,

вращающаяся система координат *dq* [2]. В системе *dq* оси системы вращаются со скоростью вращения ротора. Формулы данной системы представлены в виде:

$$\begin{cases} U_d = U_a \cos\varphi + U_\beta \sin\varphi \\ U_q = U_\beta \cos\varphi - U_a \sin\varphi \end{cases} \quad (1)$$

где $U_a$, $U_\beta$ – напряжения системы координат $\alpha\beta$; φ – угол поворота ротора.

Из этого уравнения следует, что при изменении угла уставки датчика положения ротора, мы можем изменять электромеханические характеристики вентильного двигателя.

В программной среде *Matlab/Simulink* были созданы модели вентильного двигателя и электропривода с регуляторами тока и скорости. Также в данных системах можно изменять значения угла уставки. Результаты измерений были занесены в таблицы 1, 2, 3, 4.

Таблица 1

Электромеханические характеристики ВД при разных углах уставки ДПР (без нагрузки)

| Угол | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M, Н/м | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| n, рад/с | 21 | 11 | 22.5 | 29.6 | 0.1 | -30 | -25 | -11 | -0.04 |
| Id, A | 0 | 15 | 0 | -15 | -21 | -15 | 0 | 15 | 20 |
| Iq, A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 2

Электромеханические характеристики электропривода при разных углах уставки ДПР (без нагрузки)

| Угол | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M, Н/м | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| n, рад/с | 25 | 12.76 | 27 | 45 | 0.3 | -52.6 | -28 | -12 | -0.05 |
| Id, A | 0 | 17 | 0 | -18 | -27 | -19.4 | 0 | 18 | 25 |
| Iq, A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 3

Электромеханические характеристики ВД при разных углах уставки ДПР (с подачей нагрузки)

| Угол | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M, Н/м | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| n, рад/с | -1.79 | 8.1 | 18 | 19 | -20 | -45 | -26 | -14 | -1.79 |
| Id, A | 20.74 | 15 | 0.8 | -13.5 | -20 | -15.5 | -1.4 | 15 | 20.74 |
| Iq, A | 2.73 | 3 | 3.5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2.73 |

Таблица 4

Электромеханические характеристики электропривода при разных углах уставки ДПР (с подачей нагрузки)

| Угол | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M, Н/м | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| n, рад/с | -1.5 | 10.57 | 22.88 | 29 | -40 | -80 | -34 | -15 | -1.5 |
| Id, A | 25 | 18.14 | 1.07 | -16.7 | -28 | -22 | -1.69 | 17 | 25 |
| Iq, A | 2.59 | 2.83 | 3.68 | 5.2 | 3 | 2.64 | 5 | 2.86 | 2.59 |

Приведенные в таблицах 1, 2, 3, 4 данные позволяют сделать следующие выводы:

– изменение угла уставки датчика положения ротора влияет параметры нашего двигателя;

– в ведение обратных связей по проекции токов *dq* и скорости позволяет увеличить скорость вращения за счет увеличения тока Id.

## Источники

1. Доманов В.И, Доманов А.В. Разработка и исследование систем электропривода с вентильными двигателями /. Ульяновск: УлГТУ, 2015. С. 6-10.

2. Калачев Ю.Н. Векторное управление (заметки практика) [Электронный ресурс]. http://privod.news/files/vector_kalachev.pdf (Дата обращения: 26.10.2019).

УДК 544.774

# КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИДРОГЕЛИ АРМИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НЕФТЕХИМИИ

Анастасия ОлеговнаМакарова[1], Ольга СтефановнаЗуева[2],
Юрий Федорович Зуев[1]
[1]КИББ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань
[2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]tat355@mail.ru

**Аннотация:** В работе рассматриваются основные предпосылки композиционных гидрогелей армированные углеродными нанотрубками для применения в нефтехимии. Приведены основные исследования по изменению структурных параметров приведет к изменению свойств композиционных систем.

**Ключевые слова:** нефтехимия, нефтеотдача пластов, композиционные гидрогели, углеродные нанотрубки.

# COMPOSITE HYDROGELS REINFORCED WITH CARBON NANOTUBES FOR APPLICATION IN PETROCHEMISTRY

Anastasia Olegovna Makarova, Olga Stefanovna Zueva, Yuri Fedorovich Zuev

**Annotation:** The paper discusses the main prerequisites for composite hydrogels reinforced withcarbon nanotubes for use in petrochemistry. The main research on changes in structural parameters will lead to changes in the properties of composite systems.

**Key words:** petrochemistry, oil recovery, composite hydrogels, carbon nanotubes.

В последнее время полимерные гелевые системы широко используются для повышения нефтеотдачи. В эксплуатационных скважинах, где существуют проблемы с избыточной водой, для закупорки нарушенных зон или участков используются полимерные гелевые системы. Такой прием улучшает нефтеотдачу и снижает эксплуатационные расходы, связанные с искусственным подъемом, разделением нефти и воды, а также с очисткой добываемой воды. К числу полимерных гелевых систем относятся биополимеры в виде водных растворов, которые закачивают в пласт с помощью системы поддержания пластового давления. Из-за специфической спиральной структуры молекул, жесткости и отсутствия зарядов биополимеры обычно обладают превосходной устойчивостью к солям и действию температуры. Широкий спектр выбора биополимеров с различными заданными свойствами и их биоразлагаемость делает их перспективными реагентами для нефтегазовой отрасли [1].

Однако большинство гидрогелей имеют ограниченные механические свойства. Модификация механических свойств гидрогелей может быть достигнута с использованием наночастиц, например, углеродных нанотрубок (УНТ) [2].

В данной работе методами малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) были изучены структурные особенности гидрогелей и их изменения, связанные с добавлением модифицирующего материала - углеродных нанотрубок. Образцы готовили на основе желатина типа А из свиной кожи и к-каррагинана типа I производства *Sigma-Aldrich* (США). В качестве введенных топологических наноструктур использовали многостенные углеродные нанотрубки из углеродного наноматериала «Таунит», производства ООО «НаноТехЦентр», Тамбов.

Добавление небольшого количества УНТ привело к изменению морфологии гидрогелей. Методом СЭМ-микроскопии было отмечено, что УНТ соединяются в комплексы размером 10-20 нм. Однако несмотря на то, что могут выглядеть как инородное тело, присутствие УНТ сказывается в значительной степени. Изменения коснулись и внутренней структуры, сетка гидрогеля стала более четкой и упорядоченной. Согласно данным МУРР, увеличились характеристические размеры ячеек композиционного гидрогеля. Соответственно, изменения структурных параметров приведет к изменению свойств композиционных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90085 и Стипендии Президента РФ СП-1165.2019.1. Эксперименты по электронной микроскопии выполняли в Междисциплинарном центре «Аналитическая микроскопия» Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Источники**

1. Li Y., Xu L., Gong H., Ding B., Dong M., Li Y // Energy & Fuels. 2017. V. 31. P. 3960–3969.

2. Зуева О.С., Губайдуллин А.Т., Макарова А.О., Богданова Л.Р., Захарова Л.Я., Зуев Ю.Ф // Известия Академии наук. Серия химическая. 2020. №3. С.581-589.

УДК 544.774

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛОК-ПОЛИСАХАРИДНОГО ГИДРОГЕЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Анастасия Олеговна Макарова[1], Ольга Стефановна Зуева[2],
Юрий Федорович Зуев[1]
[1]КИББ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань
[2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]tat355@mail.ru

**Аннотация:** Для повышения нефтеотдачи полимерное заводнение является наиболее перспективным методом. Были изучены физико-химические и механические свойства гидрогелей на основе природных белков и полисахаридов, а также их изменения, связанные с добавлением в систему углеродных нанотрубок.

**Ключевые слова:**полимерное заводнение, белок-полисахаридные гидрогели, углеродные нанотрубки.

# COMPOSITE HYDROGELS REINFORCED WITH CARBON NANOTUBES FOR APPLICATION IN PETROCHEMISTRY

Anastasia Olegovna Makarova, Olga Stefanovna Zueva, Yuri Fedorovich Zuev

**Annotation:** Polymer flooding is the most promising method for increasing oil recovery. The physicochemical and mechanical properties of hydrogels based on natural proteins and polysaccharides were studied, as well as their changes associated with the addition of carbon nanotubes to the system.

**Key words:** polymer flooding, protein-polysaccharide hydrogels, carbon nanotubes.

Полимерное заводнение является одним из наиболее успешных технологических процессов для повышения нефтеотдачи истощенных нефтескважин. Водорастворимые полимеры являются перспективными материалами для снижения вязкости вытесняющей жидкости и повышения эффективности смачивания породы [1]. Свойства синтетических полимеров ограничивают их применение вследствие плохой растворимости, высокой стоимости и механической деградации. Разработка новых полимерных систем, способных выдерживать условия окружающей среды, по-прежнему остается важной задачей.

В данной работе методами электрической проводимости и реологии были изучены физико-химические и механические свойства гидрогелей на основе природных белков и полисахаридов, а также их изменения, связанные с добавлением наночастиц - углеродных нанотрубок. Образцы готовили на основе желатина типа А из свиной кожи и к-каррагинана типа I производства *Sigma-Aldrich* (США). В качестве введенных топологических наноструктур использовали многостенные углеродные

нанотрубки из углеродного наноматериала «Таунит», производства ООО «НаноТехЦентр», Тамбов.

С точки зрения структурных свойств можно говорить о том, что добавление УНТ в менее концентрированные растворы, где биополимерные цепи расположены достаточно далеко друг от друга, стимулирует хаотичность расположения цепей, увеличение концентрации и подвижности противоионов, что наблюдалось нами ранее и для других высокоорганизованных систем [2]. В более концентрированных системах, в которых биополимерные цепи располагаются ближе друг к другу, УНТ, наоборот, стимулирует структурообразование и возникновение полиэлектролитных комплексов, связывающих противоионы. Следовательно, электропроводность уменьшается в тех случаях, когда структурообразование «усилено», и наоборот. Результаты реологических исследований гидрогелей показали, что полученные низкие значения механических потерь свидетельствуют о твердообразном поведении исследуемых систем при низких деформациях. Добавление УНТ приводит к росту, как модуля упругости, так и модуля потерь, что свидетельствует о повышении упругости гидрогеля.

Показано, что электрическая проводимость однозначно связана со структурными перестройками в исследованных системах: увеличение числа связей между биополимерными цепями приводит к уменьшению проводимости, и наоборот. Реологическим методом было показано, что добавление в УНТ в систему повышает упругость гидрогеля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90085 и Стипендии Президента РФ СП-1165.2019.1.

**Источники**

1. Hu Z., Hu Z., Haruna M., Gao H., Nourafkan E., Wen D. Ind. Eng. Chem.Res. 2017. V. 56. P. 3456-3463.

2. Zueva O.S., Makarova A.O., Faizullin D.A. Solid State Phenom. 2017. V. 265. P. 342-347.

УДК 621.313

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Николай Анатольевич Малёв[1], Олег Владиславович Погодицкий[2],
Айрат Рустемович Имамиев[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]maleeev@mail.ru

**Аннотация:** В работе рассматривается вопрос формирования модели чувствительности выходных координат электрической машины постоянного тока к вариациям параметров. Получены уравнения чувствительности по параметрам якорной цепи и моменту инерции, сформирована векторно-матричная структурная схема вычисления функций чувствительности и соответствующие Simulink-модели. Проведено моделирование полученных уравнений и определены наиболее влияющие параметры электромеханического преобразователя и наиболее чувствительные к вариациям данных параметров выходные координаты.

**Ключевые слова:** моделирование, электромеханический преобразователь, двигатель постоянного тока, уравнения чувствительности, вариации параметров.

# FEATURES OF FORMATION MODELS SENSITIVITY OF ELECTROMECHANICAL DC CONVERTERS

Nikolay Anatolievich Malev, Oleg Vladislavovich Pogoditsky,
Ayrat Rustemovich Imamiev

**Annotation:** The paper deals with the formation of a model of the sensitivity of the output coordinates of a DC electric machine to variations in parameters. Equations of sensitivity are obtained for the parameters of the anchor chain and the moment of inertia, a vector-matrix structural diagram of the calculation of sensitivity functions and the corresponding Simulink-models are formed. The obtained equations are modeled and the most influencing parameters of the electromechanical converter, as well as the output coordinates, which are most sensitive to variations in these parameters, are determined.

**Keywords:** simulation, electromechanical converter, DC motor, sensitivity equations, parameter variations.

Электромеханический преобразователь постоянного тока описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\left.\begin{aligned} \frac{di_a}{dt} &= \frac{1}{L_a}\left[u_a - R_a i_a - c\omega\right]; \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J}\left[c i_a - M_{\text{c}}\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Продифференцируем каждое из уравнений системы (1) по следующим параметрам: активному сопротивлению якоря $R_a$, индуктивности якоря $L_a$ и моменту инерции $J$. В результате получим следующую систему уравнений чувствительности [1]:

$$\begin{cases} \dot{I}_{R_a} = -\dfrac{1}{L_a} I_0 - \dfrac{R_a}{L_a} I_{R_a} - \dfrac{c}{L_a} \omega_{R_a}; \\ \dot{I}_{L_a} = \dfrac{R_a}{L_a^2} I_0 - \dfrac{R_a}{L_a} I_{L_a} + \dfrac{c}{L_a^2} \omega_0 - \dfrac{c}{L_a} \omega_{L_a} - \dfrac{1}{L_a^2} u; \\ \dot{I}_J = -\dfrac{R_a}{L_a} I_J - \dfrac{c}{L_a} \omega_J; \\ \dot{\omega}_{R_a} = \dfrac{c}{J} I_{R_a}; \\ \dot{\omega}_{L_a} = \dfrac{c}{J} I_{L_a}; \\ \dot{\omega}_J = -\dfrac{c}{J^2} I_0 + \dfrac{c}{J} I_J + \dfrac{1}{J^2} M_c. \end{cases} \tag{2}$$

Приведем систему (2) к векторно-матричной форме

$$\dot{\mathbf{x}}_\chi = \mathbf{A}_\chi \mathbf{x}_\chi + \mathbf{B}_\chi \mathbf{u}_0, \tag{3}$$

где $\mathbf{x}_\chi$ – вектор чувствительности; $\boldsymbol{\chi}$ – вектор параметров; $\mathbf{A}_\chi$ – основная матрица системы (матрица Якоби); $\mathbf{B}_\chi$ – матрица входа; $\mathbf{u}_0$ – вектор номинальных значений входных координат.

Приведем систему дифференциальных уравнений чувствительности (2) к форме (3), учитывая, что основная матрица системы размерностью $(6 \times 6)$ с блоками, соответствующими каждому нестабильному параметру размерностью $(2 \times 2)$

$$\mathbf{A}_\chi = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{R_a} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{L_a} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_J \end{bmatrix},$$

а матрица входа размерностью $(6 \times 4)$ с блоками, соответствующими каждому нестабильному параметру размерностью $(2 \times 4)$

$$\mathbf{B}_\chi = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_{R_a} \\ \mathbf{B}_{L_a} \\ \mathbf{B}_J \end{bmatrix}.$$

Полученным соотношениям соответствует векторно-матричная структурная схема для исследования влияния вариаций параметров $R_a$, $L_a$

и $J$ на динамические свойства ЭМП постоянного тока, представленная на рис. 1.

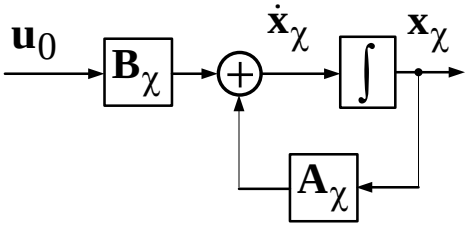



Рис. 1. Векторно-матричная структурная схема вычисления функций чувствительности ЭМП постоянного тока

В качестве объекта исследования рассмотрим двигатель постоянного тока типа 4ПБ112М2Г [2]. Соответствующая Simulink-модель представлена на рис. 2 [3].

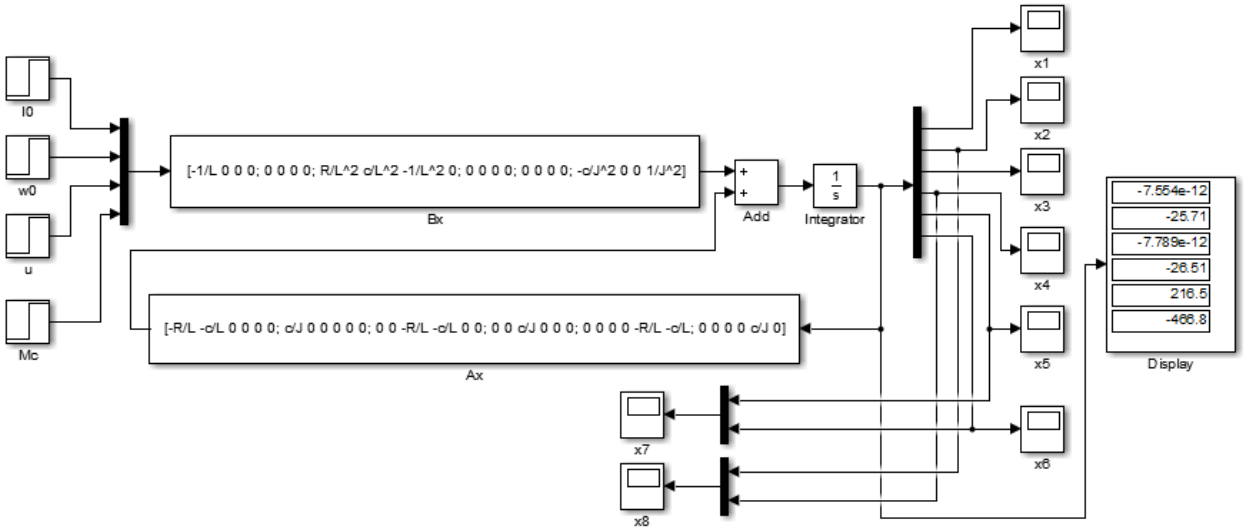



Рис. 2. *Simulink*-модель вычисления вектора чувствительности ЭМП постоянного тока

Максимальные установившиеся значения функций чувствительности соответствуют изменениям момента инерции, а наиболее чувствительной к вариациям параметров координатой является скорость вращения.

## Источники


1. Гарькина И.А., Данилов А.М., Тюкалов Д.Е. Сложные системы: идентификация динамических характеристик, возмущений и помех // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. Ч. 1. С. 88.

2. 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

3. 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). С. 101-110.

УДК 621.313

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Николай Анатольевич Малёв[1], Олег Владиславович Погодицкий[2],
Айрат Рустемович Имамиев[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]maleeev@mail.ru

**Аннотация:** В работе произведено формирование модели чувствительности электромагнитного момента асинхронного двигателя к вариациям параметров статорной и роторной обмоток. Получены уравнения чувствительности по указанным параметрам и сформирована векторно-матричная структурная схема вычисления функций чувствительности. Проведено моделирование полученных уравнений и определены наиболее влияющие параметры асинхронного электромеханического преобразователя.

**Ключевые слова:** моделирование, электромеханический преобразователь, асинхронный двигатель, уравнения чувствительности, вариации параметров.

# FEATURES OF FORMATION MODELS SENSITIVITY OF ASYNCHRONOUS ELECTROMECHANICAL CONVERTERS

Nikolay Anatolievich Malev, Oleg Vladislavovich Pogoditsky,
Ayrat Rustemovich Imamiev

**Annotation:** In this work, the formation of a model of the sensitivity electromagnetic moment of an asynchronous motor to variations in the parameters of the stator and rotor windings has been made. Equations of sensitivity are obtained for the specified parameters and a vector-matrix structural scheme of the computation of the sensitivity functions is formed. The obtained equations were modeled and the most influencing parameters of the asynchronous electromechanical converter were determined.

**Keywords:** simulation, electromechanical converter, asynchronous motor, sensitivity equations, parameter variations.

Процесс электромеханического преобразования энергии в асинхронном двигателе представим системой дифференциальных уравнений относительно потокосцеплений [1] и возьмем частные производные от каждого из уравнений по следующим параметрам: активному сопротивлению и индуктивности статора $R_1$ и $L_1$, активному сопротивлению и индуктивности ротора $R_2'$ и $L_2$ и взаимной индуктивности $L_{12}$.

Уравнения чувствительности [2, 3] асинхронного двигателя в векторно-матричной форме запишутся как

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{\Psi}}_{\chi} &= \mathbf{A}_{\chi}\mathbf{\Psi}_{\chi} + \mathbf{B}_{\chi}\mathbf{\Psi}^{0}; \\ \mathbf{M}_{\chi} &= \mathbf{C}_{\chi}\mathbf{\Psi}_{\chi} + \mathbf{F}_{\chi}, \end{aligned} \tag{1}$$

где $\mathbf{\Psi}^{0}$ – вектор задающих воздействий.

Перепишем уравнения состояния выражения (1) с учетом указанных выше параметров:

$$\left.\begin{aligned} \dot{\mathbf{\Psi}}_{L_{12}} &= \mathbf{A}_{L_{12}}\mathbf{\Psi}_{L_{12}} + \mathbf{B}_{L_{12}}\mathbf{\Psi}^{0}; \\ \dot{\mathbf{\Psi}}_{L_1} &= \mathbf{A}_{L_1}\mathbf{\Psi}_{L_1} + \mathbf{B}_{L_1}\mathbf{\Psi}^{0}; \\ \dot{\mathbf{\Psi}}_{L_2} &= \mathbf{A}_{L_2}\mathbf{\Psi}_{L_2} + \mathbf{B}_{L_2}\mathbf{\Psi}^{0}; \\ \dot{\mathbf{\Psi}}_{R_1} &= \mathbf{A}_{R_1}\mathbf{\Psi}_{R_1} + \mathbf{B}_{R_1}\mathbf{\Psi}^{0}; \\ \dot{\mathbf{\Psi}}_{R_2'} &= \mathbf{A}_{R_2'}\mathbf{\Psi}_{R_2'} + \mathbf{B}_{R_2'}\mathbf{\Psi}^{0}, \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

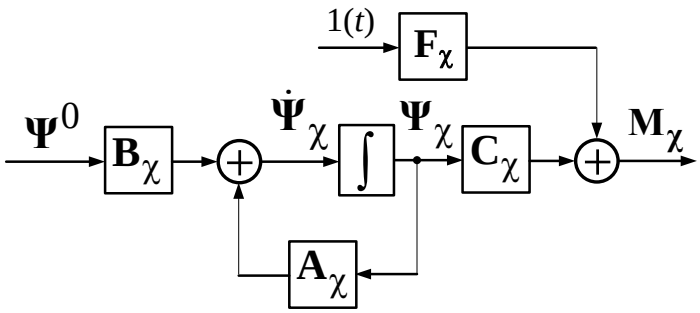
где основная матрица системы $\mathbf{A}_{\chi}$ является блочно-диагональной матрицей Якоби размерностью $(20\times 20)$, а матрица входа $\mathbf{B}_{\chi}$ представлена блочной матрицей размерностью $(20\times 5)$.

Уравнение выхода системы (1) $\mathbf{M}_{\chi} = \mathbf{C}_{\chi}\mathbf{\Psi}_{\chi} + \mathbf{F}_{\chi}$ содержит блочно-диагональную матрицу выхода $\mathbf{C}_{\chi}$ размерностью $(5\times 20)$ и матрицу свободных членов

$$\mathbf{F}_{\chi} = \begin{bmatrix} \left(\dfrac{2pL_{12}^{2}}{\Delta^{2}} + \dfrac{p}{\Delta}\right)\left(\Psi_{1y}^{0}\Psi_{2x}^{0} - \Psi_{1x}^{0}\Psi_{2y}^{0}\right) \\ 0 \\ 0 \\ -\dfrac{pL_{12}L_{2}}{\Delta^{2}}\left(\Psi_{1y}^{0}\Psi_{2x}^{0} - \Psi_{1x}^{0}\Psi_{2y}^{0}\right) \\ \dfrac{pL_{12}L_{1}}{\Delta^{2}}\left(\Psi_{1y}^{0}\Psi_{2x}^{0} - \Psi_{1x}^{0}\Psi_{2y}^{0}\right) \end{bmatrix}, \tag{3}$$

где $\Psi_{ij}^{0}$ – номинальные значения проекций потокосцеплений статора и ротора на синхронные координатные оси $x$, $y$.

Полученным выше соотношениям соответствует векторно-матричная структурная схема для исследования влияния вариаций индуктивностей $L_1$, $L_2$ и $L_{12}$ и активных сопротивлений $R_1$ и $R_2'$ на динамические свойства асинхронного двигателя, представленная на рис. 1.




Векторно-матричная структурная схема вычисления функций чувствительности асинхронного двигателя

Максимальные динамический выброс около и установившееся значение вектора функций чувствительности относительно электромагнитного момента асинхронного электромеханического преобразователя соответствуют изменениям взаимной индуктивности $L_{12}$, что говорит о преобладающем влиянии данного параметра.

## Источники

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник. 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 2001. 704 с.

2. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления. М.: Наука, 1981. 464 с.

3. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности. М.: Советское радио, 1972. 200 с.

УДК 621.313

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Николай Анатольевич Малёв[1], Олег Владиславович Погодицкий[2],
Айрат Рустемович Имамиев[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]maleeev@mail.ru

**Аннотация:** В работе проведено исследование моделей чувствительности вентильного электродвигателя к вариациям параметров относительно электромагнитного момента и скорости вращения. Получены уравнения чувствительности для указанных выходных координат и сформирована векторно-матричная структурная схема вычисления функций чувствительности. Проведено моделирование полученных уравнений и определены наиболее влияющие параметры вентильного электромеханического преобразователя, а также наиболее чувствительные к вариациям параметров координаты.

**Ключевые слова:** моделирование, электромеханический преобразователь, вентильный двигатель, уравнения чувствительности, вариации параметров.

# FEATURES OF FORMATION MODELS SENSITIVITY OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

Nikolay Anatolievich Malev, Oleg Vladislavovich Pogoditsky,
Ayrat Rustemovich Imamiev

**Annotation:** In this work, a study of models of the sensitivity of a permanent magnet synchronous motor to variations in parameters relative to the electromagnetic torque and rotation speed. Equations of sensitivity for the indicated output coordinates are obtained and a vector-matrix structural scheme of the computation of the sensitivity functions. The simulation of the obtained equations was carried out and the most influencing parameters of the valve electromechanical converter were determined, as well as the coordinates most sensitive to variations in the parameters.

**Keywords:** simulation, electromechanical converter, permanent magnet synchronous motor, sensitivity equations, parameter variations.

Процесс преобразования энергии в вентильном двигателе описывается системой операторных уравнений электрического и механического равновесия [1]. Перепишем данную систему с учетом следующих обозначений $x_1 = i_d$; $x_2 = i_q$; $x_3 = \omega_2$:

$$\left.\begin{aligned}
\dot{x}_1 &= -\frac{R}{L_d}x_1 - p\frac{L_q}{L_d}x_2x_3 + \frac{u_d}{L_d};\\
\dot{x}_2 &= -\frac{R}{L_q}x_2 + \frac{L_d}{L_q}x_1x_3 + p\frac{\Phi_0}{L_q}x_3 + \frac{u_d}{L_d};\\
\dot{x}_3 &= \frac{3}{2J}p\left(L_d - L_q\right)x_1x_2 + \frac{3}{2J}p\Phi_0x_2 - \frac{M_c}{J};\\
M &= \frac{3}{2}p\left(L_d - L_q\right)x_1x_2 + \frac{3}{2}p\Phi_0x_2.
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Уравнение чувствительности [2, 3] в векторно-матричной форме

$$\dot{\mathbf{x}}_\chi = \mathbf{A}_\chi\mathbf{x}_\chi + \mathbf{B}_\chi\mathbf{u}_0 + \mathbf{F}_\chi \qquad (2)$$

содержит вектор чувствительности $\mathbf{x}_\chi$, блочную матрицу Якоби $\mathbf{A}_\chi$, матрицу входа $\mathbf{B}_\chi$, матрицу свободных членов $\mathbf{F}_\chi$ и вектор входных координат $\mathbf{u}_0 = \begin{bmatrix} u_d & u_q & 0 \end{bmatrix}^T$.

Основная матрица уравнения чувствительности размерностью $(12\times12)$

$$\mathbf{A}_\chi = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_R & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{L_d} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{L_q} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_J \end{bmatrix} \qquad (3)$$

содержит блоки по каждому из нестабильных параметров вентильного двигателя.

Матрица входа $\mathbf{B}_\chi$ размерностью $(12\times3)$ представлена блочной матрицей

$$\mathbf{B}_\chi = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_R \\ \mathbf{B}_{L_d} \\ \mathbf{B}_{L_q} \\ \mathbf{B}_J \end{bmatrix}. \qquad (4)$$

Третье слагаемое (2) представляет собой матрицу свободных членов размерностью $(12\times1)$. Уравнения вектора момента (выходной координаты) $\mathbf{M}_\chi = \mathbf{C}_\chi\mathbf{x}_\chi$ содержат блочно-диагональную матрицу выхода $\mathbf{C}_\chi$ размерностью $(4\times12)$.

Полученным соотношениям соответствует векторно-матричная структурная схема для исследования влияния вариаций индуктивностей по продольной $L_d$ и поперечной $L_q$ осям, активного сопротивления $R$ и

момента инерции $J$ на динамические свойства вентильного двигателя, представленная на рис. 1.

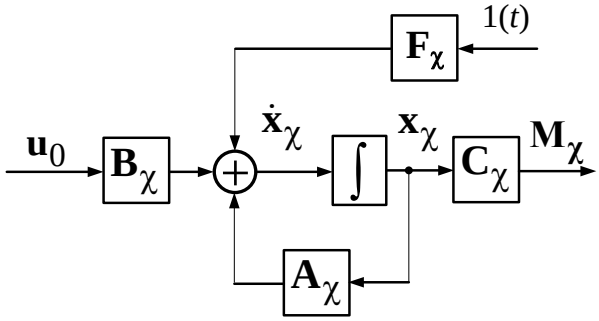



Рис. 1. Векторно-матричная структурная схема вычисления функций чувствительности вентильного двигателя

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что наибольшее влияние на динамические характеристики вентильного двигателя оказывают изменения проекции индуктивности статорной обмотки $L_q$ на поперечную ось, а наиболее чувствительной к вариациям параметров координатой является скорость вращения.

## Источники

1. Герман-Галкин С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / М.: Корона-Век, 2014. 368 с.

2. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления. М.: Наука, 1981. 464 с.

3. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности. М.: Советское радио, 1972. 200 с.

УДК 621.3.026.45

# ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ НЕФТЯНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ВАТТМЕТРОГРАММЫ

Валерий Александрович Манахов[1], Алексей Николаевич Цветков[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Valeriy_Manakhov@mail.ru, [2]Tsvetkov9@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрен метод диагностики нефтяного оборудования по параметрам ваттметрограммы. Анализ ваттметрограмм позволяет контролировать состояние наземного оборудования насосной установки. С помощью ваттметрограмм могут быть рассчитаны сбалансированность, а также коэффициент полезного действия станка-качалки.

**Ключевые слова:** диагностика, анализ, ваттметрограмма, штанговая скважинная насосная установка, нефтяное оборудование, кривошип.

# DIAGNOSTICS OF OIL EQUIPMENT IN THE PARAMETERS OF VALMETRAUMA

Valery Alexandrovich Monakhov, Alexey Nikolaevich Tsvetkov

**Abstract:** the article deals with the diagnostic method of petroleum equipment according to the parameters of valmetrauma. Analysis of wattmetrograms allows you to monitor the condition of the ground equipment of the pumping unit. With the help of wattmetrograms, the balance can be calculated, as well as the efficiency of the rocking machine.

**Key words:** diagnostics, analysis, valmetrauma, sucker-rod pumping unit, oil equipment, crank.

Одним из ведущих отраслей Республики Татарстан и Российской Федерации в целом является нефтегазовая отрасль. От мировых цен на нефть во многом зависит стоимость российского рубля, следовательно, и экономики Республики Татарстан и России в целом. Одним из наиболее известных способов эксплуатации скважин является способ с применением штанговых скважинной насосных установок (ШСНУ). Свыше 65 % действующего фонда скважин оснащено именно ШСНУ, причем, имеется тенденция к увеличению абсолютного и относительного их числа.

Ваттметрирование позволяет диагностировать работу ШСНУ. Ваттметрограмма представляет собой зависимость мощности, потребляемой электродвигателем станка-качалки от времени, в зависимости угла поворота кривошипа: $P(t)$, $P(\phi)$, где $t$ - время в течении одного периода $T$ качания балансира СК, $\phi$ - угол поворота кривошипа.

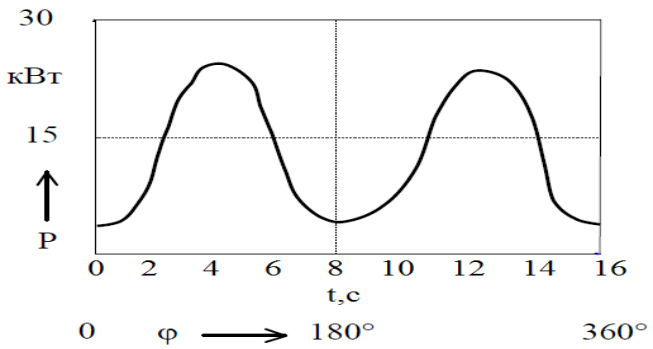



Рис. 1. Ваттметрограмма при нормальной работе установки

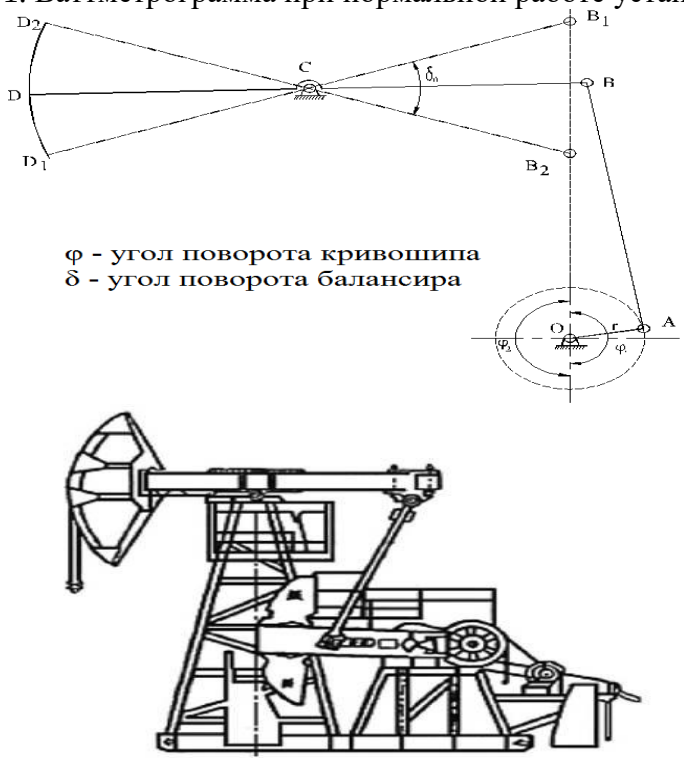



Рис. 2. ШСНУ с демонстрацией угла поворота кривошипа

При помощи ваттметрограмм (диаграмм мощности) определяются такие важнейшие показатели работы установки, как КПД наземного и глубинного оборудования, уравновешенность станка-качалки, работа клапанов, коэффициенты наполнения и подачи насоса, фонтанные проявления в скважинах, перемещение полированного штока и плунжера, и неисправности в механической части.

Необходимо выделить, что ваттметрограмма отражает состояние всей насосной установки, а не только ее подземной части, как динамограмма. По этой причине, ваттметрограмма является для локальных устройств аварийной защиты насосных установок, преобладающей формой исходной информации.

Уравновешивание СК является одним из важнейших факторов, влияющих на продолжительность безаварийной работы, что оказывает

большое влияние на эффективность работы ШСНУ. При плохом уравновешивании увеличивается расход электроэнергии из-за потерь в сети и в электродвигателе.

Анализируя ваттметрограммы, можно определить такие параметры, как степень уравновешенности и КПД ШСН, диагностировать обрывы ремней и штанг, выявлять удары в кинематике станка качалки.

Исходными данными для анализа является сам массив ваттметрограммы за один период качания, полученный путем измерения мгновенных значений тока и напряжения с их последующим перемножением. Необходимо выделить, то что из массивов мгновенных значений тока и напряжения могут быть получены соответствующие параметры: действующие значения токов и напряжений по каждой фазе, активная, реактивная и полная мощности, коэффициент мощности..

Исторически, при анализе режимов работы скважин метод ваттметрирования стал использоваться перед динамометрирования, поскольку для измерения усилия на полированном штоке требовались специальные датчики. Известны работы В.О. Кричке в этой области и разработанные им аналоговые электронные устройства, реализующие алгоритмы обработки ваттметрограмм. Однако использование ваттметрирования до недавнего времени сдерживалось вычислительными возможностями контроллеров.

Публикация статьи осуществлена в рамках проекта «Создание серии электроприводов на базе российских высокоэффективных синхронных двигателей для станков-качалок нефти с применением беспроводных систем передачи данных и адаптивной системой управления для «умных» месторождений», Соглашение №074-11-2018-020 с Минобрнауки РФ от 30 мая 2018 г.

**Источники**

1. Кричке В.О. Анализ работы станков-качалок с помощью автоматических устройств // Автоматизация и телемеханика в нефтяной промышленности. 1976. № 5.

2. Петров Т.И, Сафин А.Р., Ившин И.В., Цветков А.Н., Корнилов В.Ю. Модель системы управления станком-качалкой на основе синхронных двигателей с бездатчиковым методом // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2018. №7-8.

3. Хакимьянов М.И., Гузеев Б.В. Контроль работы электродвигателей станков - качалок методом ваттметрирования // Повышение надежности и энергоэффективноти электротехнических систем и комплексов: межвуз. сб. науч. тр. / Редкол.: В. А. Шабанов и др. Уфа: Издательство УГНТУ, 2010. С. 179–188.

УДК 620.91

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МИКРОМОЩНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Николай Петрович Местников[1], Павел Филиппович Васильев[2]
[1,2]ИФТПС СО РАН им. В.П. Ларионова, г. Якутск
[1,2]sakhacase@bk.ru

**Аннотация:** в данной статье представляется разработка и исследование гибридной электростанции мощностью 650 Вт исполнения «Ветер + Солнце», где рассматриваются зависимость электроэнергетических показателей от внешних параметров окружающей среды и технико-экономическое обоснование на примере технической апробации в объекте сельского хозяйства в условиях Арктики.

**Ключевые слова:** гибридные системы электроснабжения, ветровая энергетика, солнечная энергетика, система накопления энергии, экономия топлива, Север, Арктика.

# DEVELOPMENT AND RESEARCH OF HYBRID POWER PLANT FOR POWER SUPPLY OF REMOTE CONSUMERS IN ARCTIC CONDITIONS

Mestnikov Nikolay Petrovich, Vasiliev Pavel Filippovich

**Abstract:** This article presents the development and study of a 650 W hybrid power plant of the Wind + Sun version, which examines the dependence of electric power indicators on external environmental parameters and a feasibility study on the example of technical testing in an agricultural facility in the Arctic.

**Keywords:** hybrid power supply systems, wind power, solar power, energy storage system, fueleconomy, North, Arctic.

В целях проведения научно-исследовательской работы по вышеуказанной теме выбран Северо-Восточный регион Российской Федерации – Республика Саха (Якутия), где 13 муниципальных районов входят в арктическую часть России в соответствии с территориальными и климатическими требованиями.

В настоящий момент энергоснабжение (тепло- и электро-) потребителей северных районов Якутии производится посредством отдельных объектов автономной генерации тепла и электроэнергии, что является децентрализованной системой тепло- и электроснабжения.

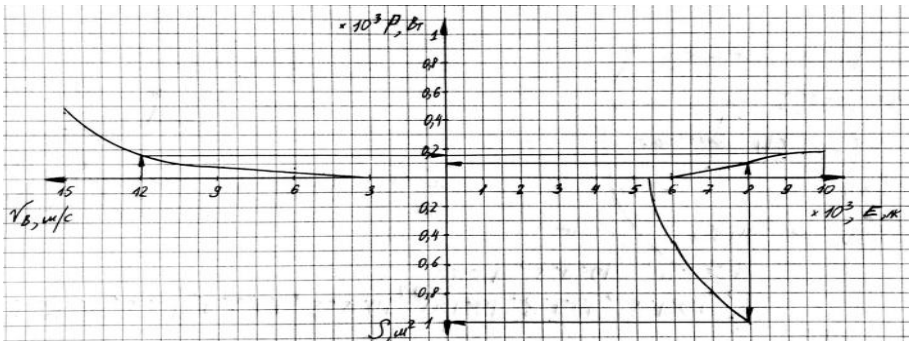
Вместе с тем более 95,00% от всего объема генерации электроэнергии в северном энергетическом районе Якутии производится посредством эксплуатации объектов традиционной энергетики,

основанный на принципе сжигания жидкого топлива в основном дизельное.

Кроме того, величина выброса углекислого газа при сжигании дизельного топлива составляет 3,15 т CO2/т или 2,6–2,8 кг CO2/л в зависимости от температуры топлива и его марки (летнее более плотное, а зимнее менее плотное, а коэффициент выбросов углерода составляет 19,98 тС/ТДж [2]. Данные величины потенциального выброса углекислых газов недопустимы, так как экология и природные условия Арктики являются уникальными.

С учетом вышеизложенного автором статьи предлагается внедрение гибридной электростанции посредством комбинации ветровой и солнечной энергии на уровне микромощности. В связи с этим на базе лаборатории кафедры «Электроснабжение» СВФУ им. М.К. Аммосова спроектирован и собран рабочий прототип гибридной электростанции модели КЭ-650.

В ходе технической апробации на базе фермерского хозяйства «Нэлэгэр», Республика Саха (Якутия) установлены определенные физико-математические зависимости от показателя освещенности (лк), скорости ветра (м/с) и площади освещаемой поверхности солнечной панели (м2). С учетом данных установленных зависимостей автором статьи разработана номограмма, представленная на рисунке 1.




Номограмма для КЭ-650

С помощью вышеуказанной номограммы возможно проведение определения необходимой мощности для гибридных электростанций микромощности исполнения «Ветер + Солнце» в географических и климатических условиях Арктики.

Также рассчитаны основные показатели и параметры технико-экономической оценки гибридной электростанции КЭ-650 при параллельной работе с дизельным генератором мощностью 2 кВт на примере объекта сельского хозяйства Арктики, представленная в таблице.

Таблица

Результаты технико-экономической оценки

| | |
|---|---|
| Стоимость КЭС-650, в рублях | 90 000,00 |
| Удельная мощность, в Вт | 650,00 |
| Источник генерации | Ветер и Солнце |
| Объем часовой генерации, в Вт*ч | 570,00 |
| Объем суточной генерации, в Вт*ч | 5 130,00 |
| Объем годовой генерации КЭ-650, в кВт*ч | 923,40 |
| Удельный расход топлива на генерацию, л/Вт | $3{,}63*10^{-4}$ |
| Количество годового сэкономленного топлива, в л | 335,74 |
| Количество годовой экономии денежных средств, в рублей | 33 574,82 |
| Срок окупаемости, в годах | 2,70 |
| Дисконтированный срок окупаемости, в годах | 4,00 |

На основании вышеизложенного в ходе исследования гибридной электростанции КЭ-650 получены следующие выводы:

Эксплуатация гибридной электростанции микромощности исполнения «Ветер + Солнце» в условиях Арктики наиболее возможна и целесообразна.

Разработана номограмма для проектирования гибридных электростанций микромощности исполнения «Ветер + Солнце».

Результаты технико-экономической оценки показывают положительные параметры по окупаемости проекта.

## Источники

1. Электронный источник. Корпоративный сайт АО «Сахаэнерго». URL: http://www.sakhaenergo.ru/about (дата обращения: 18.10.2020).

2. Электронный источник. СРО НП «Межрегиональный альянс энергоаудиторов». URL: https://sro150.ru/index.php/metodiki/371-metodika-rascheta-vybrosov-parnikovykh-gazov (дата обращения: 18.10.2020). Текст: электронный.

3. Кундас С.П., Позняк С.С., Шенец Л.В. Возобновляемые источники энергии / Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. С. 390.

4. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. С.187.

УДК 621.311.1

# ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4КВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ИЗОЛЯЦИИ

Глеб Геннадьевич Муравьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
muravyevgleb@mail.ru

**Аннотация:** Целью исследования – является определение температурных эксплуатационных характеристик кабельных линий, применяемых во внутризаводских системах электроснабжения. В статье рассмотрены технические параметры кабельных линий, в зависимости от температуры нагрева, материала жил и изоляции, типа прокладки и уровня напряжения.

**Ключевые слова:** проводник, температура, характеристики, производство.

# TEMPERATURE CONDITIONS OF CABLE LINES WITH A VOLTAGE OF 0.4 KV DEPENDING ON THE TYPE OF INSULATION

Gleb Gennadievich Muravyov

**Annotation:** The purpose of the study is to determine the operational characteristics of cable lines used in the oil and gas industry. The article discusses the technical parameters of cable lines, depending on the heating temperature, core material and insulation, type of laying and voltage level.

**Keywords:** conductor, temperature, characteristics, production.

Как известно, любые промышленные изделия, включая кабельную и проводную продукцию для энергетики, принято классифицировать и описывать строго по определённым критериям, которые называют техническими характеристиками. Они позволяют оптимально выбрать конкретную модель из большого разнообразия имеющихся изделий, обеспечить ее длительную и бесперебойную работу.

Для кабельных линий (КЛ) следует выделить эксплуатационные параметры в зависимости от температуры нагрева и материла изоляции.

Рассмотрим особенности КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена (СШЭ), поливинилхлорида (ПВХ) и бумаги (БП).Для наглядности воспользуемся графиками зависимости температур жил кабелей от длительно допустимого тока, взятого в процентном отношении к справочному значению.

Рассчитаем температуру жилы, используя выражение (1):

$$I_{\text{доп}} = I\sqrt{\frac{t_{\text{доп}}}{t_{\text{ж}}} - \frac{t_{\text{окр}}}{t_{\text{окр}}}} \qquad (1)$$

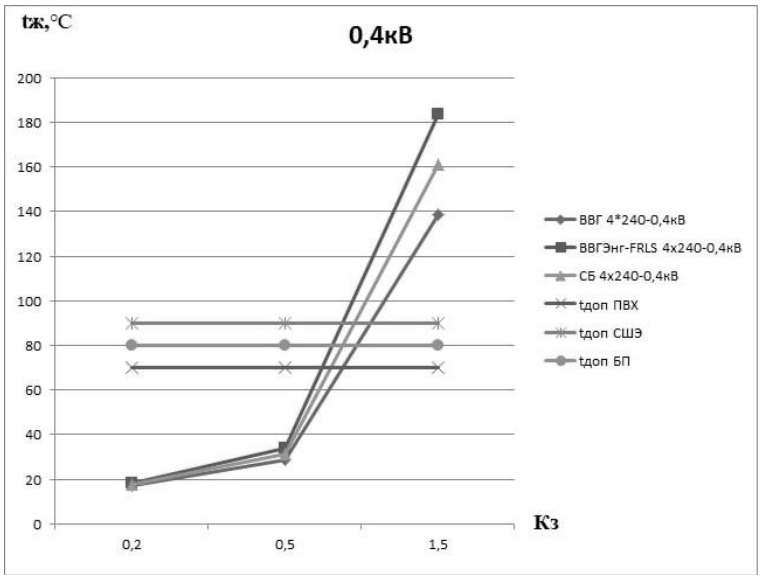
Преобразовав выражение, получим (2):

$$t_{ж} = \frac{I^2(t_{доп} - t_{окр})}{I^2_{доп}} = t_{окр} \quad (2)$$

В расчетах используется коэффициент загрузки КЛ Кз (3):

$$K_З = \frac{I_p}{I_{доп}} \quad (3)$$

где *Ip* – расчетный ток, принятый в процентном соотношении к допустимому.




Зависимость величины температуры жилы от коэффициента загрузки и изоляции КЛ до 1кВ

В таблице представлены технические характеристики исследуемых КЛ, напряжением 0,4кВ

Таблица

Значение допустимого длительного тока для исследуемых КЛ 0,4кВ

| Тип КЛ | Ідоп, А | 20% Ідоп, А | 50% Ідоп, А | 150% Ідоп, А |
|---|---|---|---|---|
| ВВГ 4*240-0,4кВ | 132 | 26,4 | 66 | 198 |
| ВВГЭнг-FRLS 4х240-0,4кВ | 363 | 72,6 | 181,5 | 544,5 |
| СБ 4х240-0,4кВ | 455 | 91 | 227,5 | 682,5 |

Графические зависимости рисунка показывают, что при коэффициенте загрузки 0,2 исследуемый параметр практически одинаков или же КЛ с изоляцией из ПВХ уступает БПИ на 0,5°С, а СШЭ на 1°С. При линии, загруженной на 50% видно, что температура жилы имеет разницу 4-10°С, где ПВХ уступает БПИ на 4°С и СШЭ на 10°С. В режиме перегрузки кабель с СШЭ изоляцией имеет набольшее значение – 184°С, БПИ – 160°С, а ПВХ - 137°С.

## Источники

1. Федотов А.И, Грачева Е.И., Наумов О.В., Садыков Р.Р. Влияние режимных и схемных параметров электрооборудования на эквивалентное сопротивление цеховых сетей // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2015. №7-8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rezhimnyh-i-shemnyh-parametrov-elektrooborudovaniya-na-ekvivalentnoe-soprotivlenie-tsehovyh-setey (дата обращения: 20.10.2020).

2. Федотов А.И., Грачева Е. И., Наумов О. В. Учет нагрева элементов цеховых сетей при определении потерь электроэнергии // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2004. №5-6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-nagreva-elementov-tsehovyh-setey-pri-opredelenii-poter-elektroenergii (дата обращения: 20.10.2020).

3. Кабельно поисковая система [Электронный ресурс] // URL: http://www/k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-bumajnoi-izolyaciei/aabl-1kv/ (дата обращения: 27.09.2020).

УДК 621-83-52

# РЕЖИМЫ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПИТАНИИ СТАТОРА И РОТОРА

Дмитрий Геннадьевич Мурзаков
УлГТУ, г. Ульяновск
mdglab@bk.ru

**Аннотация:** Предложена схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором по упрощенной схеме двойного питания. Приведены графики переходных процессов электропривода в различных режимах.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, транзисторный регулятор напряжения, ШИМ, дифференциальный сельсин, двойное питание.

# OPERATING MODES OF THE INDUCTION MOTOR WITH A JOINT POWER SUPPLY OF THE STATOR AND ROTOR

Dmitry Gennadievich Murzakov

**Abstract:** The proposed control scheme of an induction motor with a wound rotor with a simplified dual power. Graphs of transient processes of the drive in various modes.

**Keywords:** induction motor, transistorized voltage regulator, PWM, differential selsyn, dual power supply.

Асинхронные двигатели с фазным ротором (АДФР) позволяет реализовать различные схем включения и управления. Наиболее распространенными являются схемы с преобразованием частоты. Предлагается рассмотреть схему управления АДФР с подачей напряжения как в цепь статора, так и в цепь ротора. В этом случае используются более простые преобразователи и алгоритмы их управления. Схема включения силовых цепей двигателя приведена на рис. 1.

В этой схеме можно реализовать следующие режимы работы:

1. Управление транзистором Т1, при этом Т2-открыт, Т3-Т5 – закрыты. В этом случае формируется схема регулирования АД КЗ изменением напряжения на статоре с помощью транзисторного регулятора напряжения (ТрРН). Этот режим хорошо исследован и описан в литературе [1].

2. Управление транзистором Т2. При этом Т1-открыт, Т3-Т5 – закрыты, в этом случае выполняется регулирование АД изменением сопротивления ротора. Работа АДФР в этом режиме описана в [2].

3. Транзистор Т1 устанавливается открытым. Транзисторы Т3-Т5 коммутируются в противофазе с Т2. Скважность сигналов изменяется. В

зависимости от фазировки подключения обмоток статора и ротора к сети возможны два режима:

1) поля статора и ротора вращаются синхронно;

2) поля вращаются противофазно.

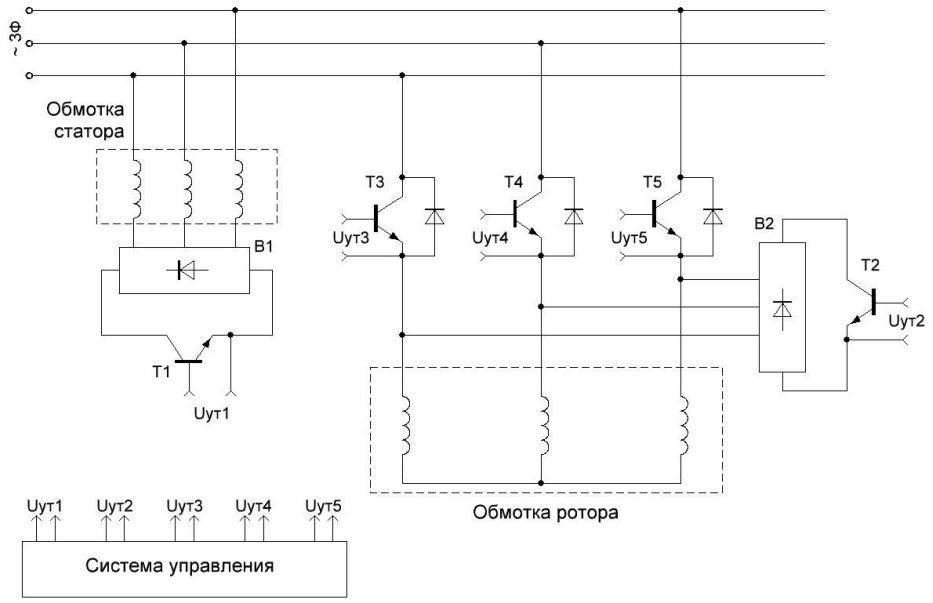



Рис. 1. принципиальная схема управления

Считаем, что обмоток статора и ротора имеют схожие параметры (сопротивления, индуктивности, число пар полюсов и т.д.)

В первом режиме при условии $U_C=U_P$ реализуется схема дифференциального сельсина и $\omega=0$. Если $U_C>U_P$ то $I_C>I_P$ и $\Phi_C>\Phi_P$ то создается вращающий момент.

Во втором режиме при условии $U_C=U_P$ реализуется схема синхронного двигателя и $\omega_0=2*\omega_1$. Если $U_C>U_P$ то $I_C>I_P$ и $\Phi_C>\Phi_P$, при этом происходит снижение средней скорости.

Механические характеристики находится в первом квадранте. Если $U_C<U_P$ – аналогично но во втором квадранте.

Моделирование системы показало, что разомкнутая система является неустойчивой и не позволяет регулировать скорость. Для обеспечения регулирования скорости и устойчивости применяется ООС по частоте вращения с коэффициентом $К_\omega$.

На рис. 2 и рис.3 приведены переходные процессы без оптимизации для различных режимов:

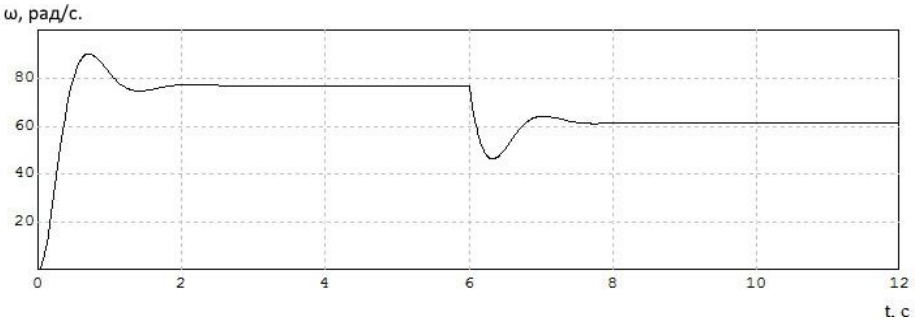



Рис. 2. Переходный процесс скорости
при пуске и набросе нагрузки

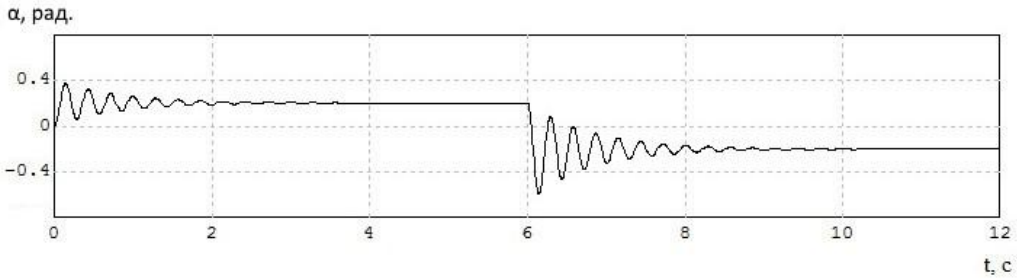



Рис. 3. Переходный процесс при включении режима удержания
(дифференциальный сельсин) и реакция на наброс нагрузки

## Источники

1. Доманов В.И., Доманов А.В., Муллин И.Ю., Холявко А.О. Регулирование асинхронного двигателя изменением напряжения на статоре. / Электроника и электрооборудование транспорта. 2013. № 2. С. 35-37.

2. Масандилов Л.Б., Сергиевский Ю.Н., Козырев С.К. и др. Машиностроение. Энциклопедия. / ред. совет: К.В. Фролов и др. Электроприводы. Т. IV-2 / М.: Машиностроение. 2012. 520 с.: ил.

УДК 621.31

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОМБИНИРОВАННОЙ ДВУХСЛОЙНОЙ ОБМОТКОЙ

Азат Ильдусович Мухаметшин[1], Владимир Юрьевич Корнилов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
mo2825@yandex.ru

**Аннотация:** в работе приводятся результаты исследования взаимосвязи конструктивных и электрических характеристик основной и совмещенной обмоток асинхронного двигателя с комбинированной двухслойной обмоткой в процессе их совместной работы в установившемся режиме при различных значениях момента нагрузки и на станках качалках ШГНУ.

**Ключевые слова:** комбинированная обмотка, асинхронных электродвигатель, энергосбережение, повышение энергетической эффективности, обмоточные данные, параметры схемы замещения.

# MODERNIZATION OF ELECTRIC DRIVES OF SUCKER ROD PUMPING UNITS BASED ON ENERGY-EFFICIENT ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS WITH COMBINED TWO-LAYER WINDING

Azat Ildusovich Mukhametshin, Vladimir Yurievich Kornilov

**Annotation:** The paper presents the results of a study of the relationship between the structural and electrical characteristics of the main and combined windings of an induction motor with a combined two-layer winding in the process of their joint operation in a steady state at various values of the load torque and on sucker rod pumping units.

**Keywords:** combined winding, asynchronous electric motor, energy saving, energy efficiency increase, winding data, equivalent circuit parameters.

В настоящее время в нефтяной промышленности основными потребителями электроэнергии являются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором (АД КЗР), которые задействованы в процессе механизированной добычи, а также в поддержания пластового давления и подготовки нефти. При этом установленные электродвигатели имеют завышенную мощность и низкий коэффициент загрузки, потому как для запуска данных насосов требуется высокий пусковой момент. При этом возрастает доля потерь электроэнергии, поскольку уменьшается коэффициент полезного действия. Рост цен на энергоносители в последние годы делает все более важной разработку и применение энергосберегающих двигателей. Современный уровень техники в данной

области – это двигатели, которые отвечают требованиям эффективности самого высокого класса IE4, как определено в IEC TS 60034-31.

Вопрос повышения энергоэффективности электродвигателей остро стоит перед любой нефтедобывающей компанией. В настоящее время улучшение технико-экономических характеристик электродвигателей возможно осуществить двумя путями:

1. За счет увеличения в конструкции доли применения дорогих металлов с меньшим удельным сопротивлением, но это приводит к увеличению массы и стоимости (примерно на 20-30%), к тому же при этом придется покупать новый электродвигатель, так как отремонтировать по данной технологии старые электродвигатели невозможно.

2. За счет изменения схем соединения обмотки статора и(или) ротора. Данную технологию можно применить при капитальном ремонте существующих АД, при этом затраты на ремонт увеличатся незначительно.

При замене трехфазных обмоток на нестандартные обмотки «звезда в треугольнике» расход меди остается на прежнем уровне. Благодаря этому магнитодвижущая сила в воздушном зазоре асинхронной машины приобретает более правильную «синусоидальную» форму, тем самым уменьшаются магнитные потери вызванные токами высших гармоник.

В процессе исследований были разработаны схемы электрических соединений и рассчитаны обмоточные данные для следующих энергоэффективных асинхронных двигателей: 4А80А4, АИР100S2, АИР100S2ПР, АИРМ112М4, 5АМХ160S2, АИР100L2, АИР180М8СНБУ1. Асинхронные двигатели отличались между собой числом пар полюсов (2p=2, 2p=4, 2p=6, 2p=8, 2p=12) номинальной мощностью, количеством пазов, длиной статора, диаметром статор.

Асинхронные двигатели 4А80А4, АИР100S2, АИР100S2ПР, АИРМ112М4 были выбраны в качестве макетных и на них проверялись теоретические предположения и различные схемы электрических соединений обмоток: для АД 4А80А4 и АИР100S2 однослойная, для АИР100S2ПР двухслойная, для АИРМ112М4 трехслойная схема соединения обмоток.

На лабораторных стендах ФГБОУ КГЭУ кафедра «Приборостроение и мехатроника» были проведены опыты холостого хода, короткого замыкания, опыт под нагрузкой для построены круговых диаграмм испытуемых двигателей с стандартной обмоткой. После этого производилась модернизация данных АД КЗР в ООО «Рето-Энергосервис», после чего АД КЗР заново испытывались в лаборатории ФГБОУ КГЭУ. Модернизируемые АД КЗР имели однослойную комбинированную

обмотку: АД АИР100S2, полутораслойную комбинированную обмотку: АД 4А80А4, двухслойную комбинированную обмотку АД АИР100S2ПР, трехслойную комбинированную обмотку АД АИРМ112М4. Экспериментальное определение энергетических характеристик модернизированных асинхронных двигателей позволило сделать вывод о целесообразности проведения дальнейших исследований для АД с двухслойной комбинированной обмоткой, поскольку наибольший прирост КПД (6,2-17,6%) показал АД КЗР АИР100S2ПР

Опытно-промышленные испытания проводились путем сравнения энергетических показателей серийных АД КЗР с модернизированными АД КЗР при одинаковой неизменной нагрузке.

Модернизированные АД КЗР АИР100L2 и 5АМХ160S2 были установлены на объектах котельной «Космос» ООО «ТеплоЭнергоСервис», а именно на насосе системы горячего водоснабжения К-65-50-160 (АД КЗР АИР100L2) и на насосе системы теплоснабжения зданий К-80-50-200 (АД КЗР 5АМХ160S2). Опытно-промышленные показали энегосберегающий эффект по активной мощности в размере 1,25% для АМХ160S2 и 6,24% для АИР100L2.

Модернизированные АД КЗР АИР180М8СНБ были установлены на штанговые глубинные насосные установки нефтяных скважины №11010, №11011, №11012 АО «Татойлгаза». Опытно-промышленные испытания показали экономию потребляемой активной мощности на 2,5-7,9%, снижение потребляемой реактивной мощности на 25-31%, снижение потребляемого тока на 17-25% и повышение cos(φ) на 25-50%.

Так же 15 модернизированных АД КЗР были установленные на штанговые глубинные насосы нефтяных скважин НГДУ «Нурлатнефть». Проведенные исследования показали:

А) Снижение потребляемой активной мощности на 6,4%.

Б) Снижение потребляемой полной мощности на 16,8%.

В) Снижение потребляемой реактивной мощности на 17,6%.

Г) Снижение пускового тока на 12,4%.

Д) Увеличению пускового тока на 43%.

Ж) Удельный расход электрической энергии на добычу одной тонны жидкости снизился с 7.61 кВт/т до 6.93 кВт/т. Снижение составляет 8,94%.

Разработанная технология производства и ремонта энергоэффективных АД апробирована на двадцати шести асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором и показала свою экономическую целесообразность и конкурентоспособность.

## Источники

1. ГОСТ Р 54413-2011 Машины электрические вращающиеся. Часть 30. Классы энергоэффективности односкоростных трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (код IE)

2. IEC 60034-30-1:2014Rotating electrical machines - Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)

3. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1 – М.: Энергоатомиздат, 1988.- 456с.

4. Д.А. Дуюнов. Асинхронных двигатель с совмещенными обмотками. Энергосовет №2(27) 2013 г. с.19-24

5. Бан Д., Жарко Д., Мирчевски С. Современное состояние и тенденции повышения КПД электрических машин Электротехника №1 2012 г. с.14а-21

6. Цветков С.А. Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей. 2011г.

7. ГОСТ Р 516772000 Машины электрические асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Показатели эффективности. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 4 с.

8. ГОСТ Р 53472-2009 Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний.

УДК 621.311.1

# ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Полина Петровна Муханова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
muhanova-polina@mail.ru

**Аннотация:** Цель исследования – определить технические характеристики и критерии выбора параметров эффективности функционирования низковольтных электрических аппаратов различных фирм-производителей. В статье рассмотрены отечественные и зарубежные заводы-изготовители контакторов, произведено сравнение их по номинальному току, коммутационной износостойкости и стоимости.

**Ключевые слова:** контакторы, электрические двигатели, магнитный пускатель.

# STUDY OF LOW-VOLTAGE SWITCHING DEVICES FOR ELECTRICAL COMPLEXES

Polina Petrovna Mukhanova

**Annotation:** The purpose of the research is to consider the technical characteristics and parameters for choosing the efficiency of the functioning of low-voltage electrical devices from various manufacturers. In the article, domestic and foreign manufacturers of contactors are compared with their rated current, switching durability and cost.

**Keywords:** contactor, electric motors, magnetic switch.

Низковольтные коммутационные аппараты являются одним из основных средств электрификации и автоматизации промышленного производства и технологических процессов. Практически вся электроэнергия (после возможных ее преобразований) распределяется и доводится непосредственно до потребителя с помощью низковольтных аппаратов. Коммутационные аппараты предназначены для формирования схем питания электроприемников, выполнения защитных функций при аварийных ситуациях. Таким образом, низковольтные аппараты являются важнейшей частью практически всех объектов электроснабжения промышленности и быта. В связи с этим предъявляются соответствующие требования к их характеристикам и качеству.

В данной работе рассмотрим зарубежные и отечественные фирмы-производители контакторов, сравним модели с аналогичными характеристиками по ценовой категории.

В табл. 1 и табл. 2 представлены фирмы-производители отечественных и зарубежных контакторов, номинальные токи, на которые рассчитан аппарат, механическая/электрическая износостойкость и цена.

Все данные были взяты из актуальных каталогов фирм-производителей.

Таблица 1

Контакторы отечественные

| Производитель | Модель | Номинальный ток, $I_n$, А | Мех./ эл. изностойкость, циклов | Стоимость, руб. |
|---|---|---|---|---|
| *EKF PROxima* | КМ-16 (КМ-63) | 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63 | 1000000/ 150000 | 1006-2053 |
| КЭАЗ | ПМЛ-1100 (ПМЛ-4100) | 10; 25; 63 | 16000000/ 1000000 | 615-2572 |
| *DEKraft* | КМ-103 9А (КМ-103 65А) | 9; 12; 18; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 95 | 8000000/ 800000 | 570-2340 |

Таблица 2

Контакторы зарубежные

| Производитель | Модель | Номинальный ток, $I_n$, А | Мех./ эл. изностойкость, циклов | Стоимость, руб. |
|---|---|---|---|---|
| *CHINT* | NXC-06 (NXC-65) | 6; 9; 12; 16; 18; 25; 32; 40; 50; 65 | 9000000/ 1000000 | 743-3381 |
| *Legrand* | CX3 16 A (CX3 63 A) | 4; 16; 25; 40; 63 | 500000/100000 | 2494-2633 |
| *Schneider electric* | ICT16A (ICT63A) | 16; 25; 40; 63 | 1000000/100000 | 3402-15974 |

Для наглядности перенесём результаты на рис. 1 и рис. 2.


Рис. 1. Зависимость коммутационной износостойкости отечественного контактора от стоимости аппарата

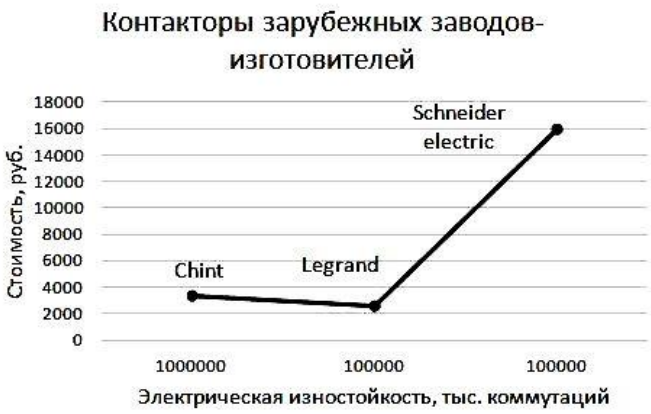



Рис. 2. Зависимость коммутационной износостойкости зарубежного контактора от стоимости аппарата

В результате исследования технических характеристик низковольтных коммутационных аппаратов установлено, что контакторы, имеющие наибольшую стоимость, наряду с этим обладают лучшей электрической изностойкостью. Например, контактор *Chint* марки *NXC*-65 имеет электрическую износостойкость 1000000 циклов, тогда как контактор *Legrand* марки CX3 63 ограничивается 100000 циклов. Стоимость NXC-65 при этом на 28,4 % выше стоимости CX3 63. Таким образом, мы видим, что разница в цене вполне оправдана.

## Источники

1. Грачёва Е.И. Анализ параметрической надёжности электрических контактов: монография. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. 144 с.

2. Шагидуллина Анастасия Владиславовна, Грачева Елена Ивановна Сравнительное исследование эксплуатационных характеристик низковольтных аппартов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. №1-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnoe-issledovanie-ekspluatatsionnyh-harakteristik-nizkovoltnyh-appartov (дата обращения: 11.10.2020).

3. Грачева Е.И., Садыков Р. Р., Хуснутдинов Р.Р., Абдуллазянов Р.Э. Исследование параметров надежности низковольтных коммутационных аппаратов по эксплуатационным данным промышленных предприятий // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2019. №1-2. Доступно по URL:https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-parametrov-nadezhnosti-nizkovoltnyh-kommutatsionnyh-apparatov-po-ekspluatatsionnym-dannym-promyshlennyh-predpriyatii (дата обращения: 11.10.2020).

УДК 681.5.01

# СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДАТЧИКА УГЛА ПОВОРОТА ВАЛА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Юрий Петрович Федоров[1], Евгений Сергеевич Рыбалкин[2],
Азат Ильдусович Мухаметшин[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]Mo2825@yandex.ru

**Аннотация:** В работе исследуется измерительная система, предназначенная для измерения угла поворота валов серводвигателей мехатронных устройств. В целях повышения качества измерений предлагается дополнить измерительный диск абсолютного энкодера дополнительными зубьями по периметру, что позволяет увеличить точность измерения не усложняя конструкцию.

**Ключевые слова:** энкодер, оптронный датчик, преобразователь сигналов.

# METHOD FOR IMPROVING THE ACCURACY OF THE SENSOR OF THE ANGLE OF ROTATION OF THE MOTOR SHAFT

Yuri Petrovich Fedorov, Evgeny Sergeevich Rybalkin,
Azat Ildusovich Mukhametshin.

**Annotation:** The paper investigates a measuring system designed to measure the angle of rotation of the shafts of the servomotors of mechatronic devices. In order to improve the quality of measurements, it is proposed to supplement the measuring disk of the absolute encoder with additional teeth along the perimeter, which allows increasing the measurement accuracy without complicating the design.

**Keywords:** encoder, optocoupler, signal converter.

В настоящее время с развитием робототехники и мехатроники приобрела актуальность повышения точности и надежности устройства определения угла поворота серводвигателей, автоматизированных промышленных станков и роботов. Одно из таких устройств - энкодер. С помощью энкодера можно не только находить угол поворота двигателя, но и измерять скорость вращения, ускорение и направление, в котором вращается вал[1]. Как известно, для увеличения точности абсолютного энкодера приходится увеличивать разрядность кодировки, что ведет к усложнению схемы из-за увеличения количества преобразователей, увеличению размера диска и повышению момента инерции. Для увеличения точности позиционирования вала двигателя в настоящее время используется инкрементальные энкодеры[2]. Применение данных энкодеров позволяет достичь большой точности, не усложняя схему и не увеличивая количество преобразователей сигналов. К недостаткам данных

датчиков можно отнести: необходимость поиска начальной точки угла поворота двигателя при каждом включении и постоянной обработки сигналов с датчиков[1].

Внутри диска энкодера закодирована таблица истинности кодировки Грэя в четырёхразрядной кодировке, которая позволяет определить угол поворота двигателя постоянного тока с постоянными магнитами(также возможно использование с другими электрическими двигателями) с точностью 22,5 градусов. По периметру диска имеются 90 зубьев. Ширина каждого зубья составляет 2 градуса, что позволяет достичь точности 2 или 4 градуса в зависимости от используемого программного обеспечения для обработки данных с датчиков.

Для улучшения динамических характеристик серводвигателей, автоматизированных промышленных станков и роботов важно знать угловую скорость и угловое ускорение двигателя. Эти данные можно получить, зная путь и затраченное время. Используя данный энкодер можно с высокой точностью определить данные значения.

Для фиксации угла поворота диска энкодера в нашем проекте применяется измерительный преобразователь, состоящий из 5 щелевых оптронов. Четыре из них отвечают за определение начального положения вала двигателя, а пятый считывает пройденный путь двигателя, что позволяет повысить точность данного датчика.

**Источники**

1. Отличие энкодера на бинарном коде от энкодера на коде Грея. http://www.servotechnica.ru/catalog/type/index.pl?id=118 [Электронный ресурс].

2. Инкрементальный энкодер: что это такое, принцип работы, виды, для чего используется. https://techtrends.ru/resources/articles/inkrementalnyy-enkoder/ [ Электронный ресурс].

3. Аш Ж. и соавторы. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах. Кн.Пер. с франц. - М.: Мир, 1992 - 480 с., ил.

УДК 621.31

# К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Рафаил Хасьянович Тукшаитов[1], Анатолий Алексеевич Наумов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ»
[1]trh_08mail.ru, [2]naumov1234@gmail.com

**Аннотация:** Описана негативная роль нестабильности частоты напряжения электросети по напряжению и механизм её преобразования в помеху, вызывающая снижение чувствительности ряда приборов. Полученные сведения о нестабильности частоты напряжения необходимы для совершенствования управления качеством электричества и проектирования измерительных приборов.

**Ключевые слова:** нестабильность частоты, напряжение, нормативное значение, проектирование.

# THE QUESTION OF SPECTRAL DISTRIBUTION STUDY OF FREQUENCY INSTABILITY OF THE MAINS VOLTAGE

Rafail Khasyanovich Tukshaitov, Anatoly Alekseevich Naumov

**Annotation:** The negative role of the mains frequency instability by voltage and the mechanism of its transformation into noise, which causes a decrease in the sensitivity of a number of devices, are described. The obtained data on the instability of the voltage frequency is necessary to improve the quality management of electricity and designing of measuring instruments.

**Key words:** frequency instability, voltage, standard value, designing.

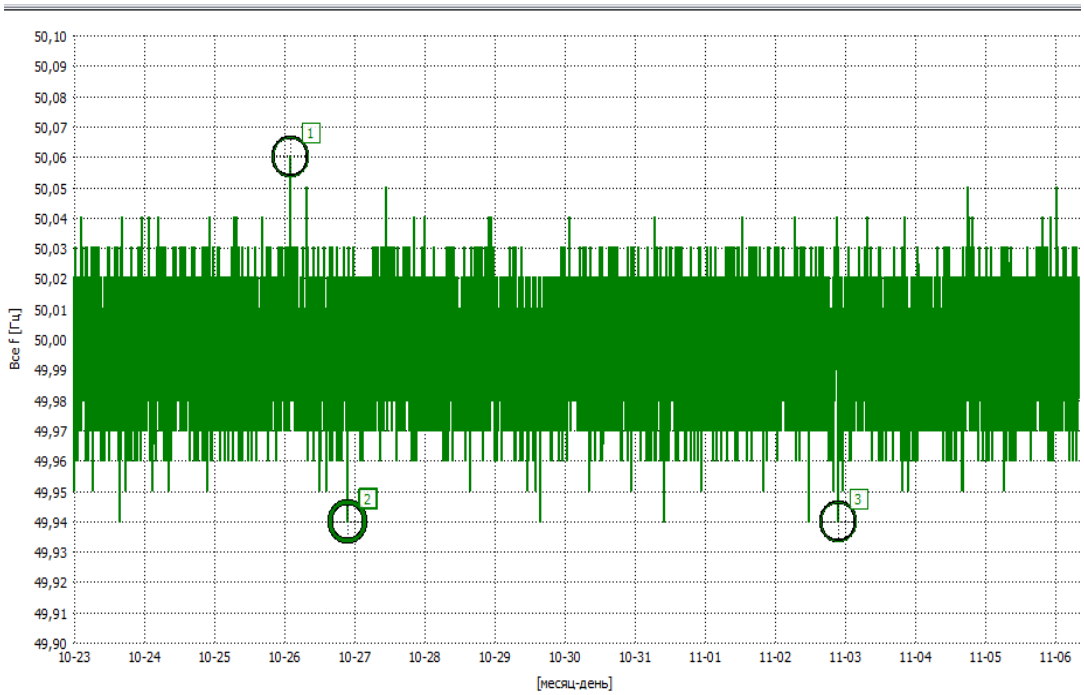
Для оценки качества электрической энергии немалый интерес представляет изучение их показателей в пределах нормативных значений по ГОСТ 32144-2013. Ранее был рассмотрен спектральный состав медленных изменений напряжения, «размах» возрастает с понижением частоты напряжения электросети [1]. Имеются определенные нормативные требования к допустимому уровню отклонения частоты напряжения электросети. В синхронизированных системах электроснабжения допускается отклонение частоты напряжения не более, чем на ±0,2 Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и ±0,4 Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю. В изолированных системах с автономными генераторными установками, не подключенными к синхронизированным системам передачи электрической энергии требование существенно менее жесткое: ±1 Гц и ±5 Гц соответственно.

При проектировании ряда электрических приборов отклонение частоты напряжение в сети даже на ±0,2 Гц может заметно сказываться на достоверности измеряемых показателей и чувствительности приборов. Это

обусловлено тем, что напряжение электросетей применительно к некоторым прецизионным приборам может рассматриваться как частотно-модулированное (ЧМ) колебание низкими и инфранизкими частотами. При подаче такого ЧМ напряжения на резонансный контур с высокой добротностью, настроенный на частоту, близкую к частоте сети электроснабжения, на выходе его будем уже иметь амплитудно-модулированное напряжение (АМ), поскольку контур выполняет функцию ЧМ-АМ преобразователя. Последнее может проявляться в виде увеличения погрешности измерения изучаемого показателя.

В силу изложенного, представляет интерес изучение спектрального состава частотно модулированного напряжения электросети. С 23 октября 2020 г по 6 ноября 2020 были проведены измерения частотных характеристик сети 230 В с помощью измерителя показателей качества электрической энергии. Регистрация проводилась с временем усреднения 10 с. Результаты измерений представлены на рисунке.

Из представленного графика следует, что средняя частота напряжения ЭС составляет 50 Гц. В то же время она периодически изменяется, но не превышая нормативные значения. Колебания частоты напряжения с «размахом» в 0,02-0,03 Гц происходят с частотой порядка 0,1 Гц, с понижением «модулирующей» частоты происходит увеличение значения «размаха». «Размах» с частотой 0,01 Гц составляет 0,04-0,05 Гц, а с частотой 0,001 Гц его значение достигает 0,06 Гц.




Характер изменения основной частоты
напряжения электросети

Поскольку частота напряжения сравнительно медленно изменяется, то его можно с одной стороны рассматривать как частотно-модулированное колебание. С другой стороны, напряжение ЭС также изменяется и с достаточно низкой частотой. Поэтому применительно к прецизионным измерениям напряжение питания можно рассматривать как ЧМ-АМ колебание случайными инфранизкими частотами.

## Источники

1.Тукшаитов Р.Х., Наумов А.А. Спектральный анализ «медленных изменений напряжения электросети и способы устранения их влияния на результаты изучения ряда характеристик электроприборов // В сборнике: Управление качеством электричества М.: МЭИ. 2020.

2.Тукшаитов Р.Х., Сагдиев Р.К. К проектированию измерителя коэффициента нелинейных искажений напряжения электросети, предназначенного для повышения точности определения параметров светотехнических приборов // В сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VI Национальной научно-практической конференции. Редколегия: Э.Ю. Абдуллазянов [и др.]. 2020.

УДК 620-91

# УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ ВОДООБОРОТНОГО УЗЛА ПРЕДПРИЯТИЯ «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ» ПУТЕМ УЛУЧШЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

Динар Радикович Фарваев[1], Дмитрий Сергеевич Плотников[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]dfarway92@gmail.com, [2]dmitry_-355@mail.ru

**Аннотация:** В этой статье обсуждается управление скоростью асинхронного двигателя с использованием частотно-регулируемого привода. Итак, скорость должна изменяться по мере увеличения или уменьшение нагрузки. Для поддержания скорости подачи напряжения и должна меняться частота соответственно.

**Ключевые слова:** частотно-регулируемый привод, электрическая машина, асинхронный двигатель.

# IMPROVEMENT OF WATER CIRCULATION NODE OF THE ENTERPRISE "GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT" BY IMPROVING THE REGULATION OF TECHNOLOGICAL MODE

Dinar Radicovich Farvaev, Dmitry Sergeevich Plotnikov

**Annotation:** This article discusses the speed control of an asynchronous motor using a frequency-controlled drive. So, the speed should change as the load increases or decreases. To maintain the speed of the supply voltage and must change the frequency accordingly.

**Key words:** frequency-controlled drive, electric machine, asynchronous motor.

Частотно-регулируемый привод является одним из методов, который можно использовать для управления скоростью электрической машины. В этом методе для управления скоростью электрических машин электронное устройство используется для изменения частоты ввода мощность двигателя и их перед регулированием скорости.

Электрические машины полностью зависят от скорости или регулируются путем применения напряжения и частоты на стороне статора машин [1].

Другой способ изменить скорость - изменить крутящий момент:

$$T = \frac{KsE^2R}{R^2+(SX)^2} \quad (1)$$

где, $T$ = крутящий момент, создаваемый двигателем; $Ks$ = постоянный срок; $E^2$= Индуцированная ЭДС в роторе; $R^2$= Сопротивление ротора; $SX^2$= Индуктивное реактивное сопротивление ротора.

Мы знаем, что фактическая скорость N определяется как

$$N = Ns(1 - s) \tag{2}$$

где $N$ = Фактическая скорость; $Ns$ = синхронная скорость; s = скольжение.

Итак, мы можем изменить фактическую скорость $N$, изменив синхронная скорость. Но синхронную скорость $Ns$ можно изменить, изменив частоту питания статора.

Итак, теоретически мы можем контролировать скорость, изменяя только частоту [2].

Если крутящий момент двигателя меньше момента нагрузки, то скорость двигателя уменьшится, и если крутящий момент двигателя станет

выше, чем момент нагрузки, тогда скорость двигателя будет увеличиваться.

Еще один простой метод контроля скорости электрической машины за счет изменения частоты статора и количества полюсов. Скорость вращения вращающегося магнитного поля. Ns зависит только от частоты статора F и количества полюсов P. Если количество полюсов P постоянно, то единственный способ изменить синхронную скорость - изменить статор частота F.

$$Ns = 120F / P \tag{3}$$

где $Ns$ = синхронная скорость асинхронного двигателя; $F$ = частота питания статора; $P$ = количество полюсов двигателя.

Такие параметры, как частота питания, напряжение питания, количество полюсов или внешнее сопротивление статора может быть контролируется со стороны статора для управления скоростью.

Таким образом, мы сделали вывод, что при работе мотора на более низкой скорости, будет использовано меньше энергии. Путем изменения частоты и напряжение питания индукционного двигателя скорость индукции мотора можно поменять. Таким образом, частотно-регулируемым приводом, можно легко изменить скорость асинхронного двигателя, а также экономия энергии на предприятии [3].

## Источники

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Сибикин, Ю.Д. Технология энергосбережения / М.: Форум, 2015. 352 с.

3. Энергосбережение в системах промышленного электроснабжения. М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2016. - 304 с.

УДК 681.513.3

# НАСТРОЙКА СЛЕДЯЩЕГО ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АСТАТИЗМОМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Артур Николаевич Филиппов [1], Ильнур Ильсурович Зайнуллин [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]pirozkow31@gmail.com, [2]ilnur1996@gmail.com

**Аннотация:** В статье рассмотрен синтез регулятора положения следящего позиционного электропривода постоянного тока с астатизмом первого порядка, обеспечивающего получение заданных точностных характеристик.
**Ключевые слова:** электропривод постоянного тока, астатизм первого порядка, контур тока, контур скорости, контур положения, стандартная настройка на оптимум по модулю.

# ADJUSTMENT OF THE FOLLOWING POSITIONAL ACTUATOR WITH FIRST ORDER ASTATISM

Artur Nikolaevich Filippov, Ilnur Ilsurovich Zainullin

**Annotation:** The article considers the synthesis of the position controller of the servo positional direct current electric drive with first-order astatism, which provides the specified accuracy characteristics.
**Key words:** DC drive, first-order astatism, current loop, speed loop, position loop, standard tuning to the optimum in absolute value.

Электропривод постоянного тока, построенный по принципу подчиненного регулирования координат, содержит контур тока и контур скорости, настроенные на оптимум по модулю.

При формировании желаемой передаточной функции $W_{ж}(s)$ необходимо исходить из требований к точностным характеристикам и динамическим показателям ЭП, которые сформулированы в техническом задании. При разработке следящего ЭП с астатизмом первого порядка (ν = 1) желаемая передаточная функция будет иметь вид

$$W_{ж}(s) = \frac{K_{\Omega}(T_{2ж}s+1)}{s(T_{1ж}s+1)(T_{3ж}s+1)} = \frac{275,77(0,4176s+1)}{s(s+1)(0,019s+1)}.$$

Так как контур скорости настроен на оптимум по модулю, то передаточная функция замкнутого контура может быть представлена в виде

$$\Phi_{\text{кс}}^{\text{ом}}(s)=\frac{(1/K_{\text{тг}})\left(T_{\text{тг}}s+1\right)}{2\left(T_{\Sigma}^{\text{кс}}s\right)^{2}+2T_{\Sigma}^{\text{кс}}s+1}=\frac{40(0,008s+1)}{53,7\cdot 10^{-5}s^{2}+0,0328s+1}.$$

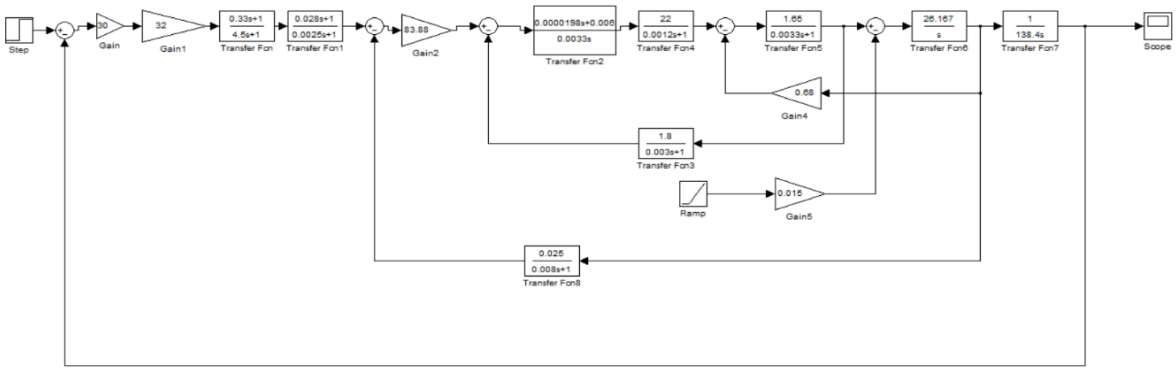
Передаточная функция неизменяемой части записывается как произведение передаточных функций замкнутого контура скорости и датчика положения

$$W_{\text{н}}(\text{s})=\Phi_{\text{кс}}^{\text{ом}}(s)\cdot K_{\text{дп}}=\frac{(K_{\text{дп}}/K_{\text{тг}})(T_{\text{тг}}s+1)}{2\left(T_{\Sigma}^{\text{кс}}s\right)^{2}+2T_{\Sigma}^{\text{кс}}s+1}=\frac{1200(0,008s+1)}{53,7\cdot 10^{-5}s^{2}+0,0328s+1}.$$

Передаточная функция регулятора положения может быть представлена в виде отношения желаемой передаточной функции и передаточной функции неизменяемой части электропривода

$$W_{\text{рп}}(s)=\frac{W_{\text{ж}}(s)}{W_{\text{н}}(s)}=\frac{K_{\text{рп}}(T_{2}s+1)(T_{3}s+1)}{(T_{1}s+1)(T_{4}s+1)}=\frac{32(0,33s+1)(0,00028s+1)}{(4,5s+1)(0,0025s+1)}.$$

Исследование полной динамической модели настроенного ЭП (рис.) при различных типовых задающих и возмущающих воздействиях подтвердило правильность расчётов и соответствие полученных результатов техническим требованиям задания.




Структурная схема динамической модели электропривода
с регулятором положения

Поскольку система включает интегрирующее звено на выходе, то очевидно, что статическая ошибка будет равна нулю, а скоростная ошибка составляет 0,127°. Влияние возмущающего воздействия сказывается на динамической точности ЭП, а моментная составляющая ошибки $\Delta\alpha_{\text{уст}}^{\text{м}}$ составляет 0,00103°.

## Источники

1. Бутаков В.М., Баязитов В.О., Дудкин И.М. Расчет характеристик электроприводов // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях, / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Санкт-Петербург, 2017. с. 94-98.

УДК 622.276

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТЯНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Анастасия Алексеевна Цветкова[1], Мансур Мудаллифович Фархутдинов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]nedegradant@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрена проблема повышения эффективности деэмульсации водонефтяной эмульсии. Исследованы гофрированные пластины с ориентацией гофр, выполненных под углом 45º. В ходе использования гофрированных пластин была выдвинута гипотеза, что их использование в отстойнике позволит повысить эффективность разделения водонефтяной эмульсии и увеличить пропускную способность устройства за счет со-здания волновой структуры движения потока, которая будет способствовать интенсификации процессов флокуляции капель нефти и дальнейшей их коагуляции.

**Ключевые слова:** водонефтяная эмульсия, отстойник, гофрированная пластина, деэмульсация.

# IMPROVING THE EFFICIENCY OF EXTRACTING OIL COMPONENTS FROM WASTEWATER

Anastasia Alexeevna Tsvetkova, Mansur Mudallifovich Farkhutdinov

**Annotation:** The article deals with the problem of increasing the efficiency of demulsification of oil-water emulsion. Corrugated plates with the orientation of corrugations made at an angle of 45º are studied. During the use of corrugated plates, it was hypothesized that their use in the sump will increase the efficiency of separation of the oil-water emulsion and increase the throughput of the device by building a wave structure of the flow movement, which will contribute to the intensification of the processes of flocculation of oil droplets and their further coagulation.

**Keywords:** water-oil emulsion, settling tank, corrugated plate, demulsification**.**

Важной задачей для нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий является повышение эффективности деэмульсации водонефтяной эмульсии. В настоящее время наиболее распространенным способом добычи нефти является закачка воды под давлением в нефтяной пласт, что позволяет ее оттуда вытеснять. По мере добычи обводненность нефти увеличивается до 90 %. Извлеченная смесь пластовой воды и нефти представляет собой трудно разделимую водонефтяную эмульсию. Одним из важных технологических процессов является обезвоживание водонефтяной эмульсии. Интенсивное перемешивание пластовой воды и нефти ведет к образованию устойчивых водонефтяных эмульсий, которые усложняют процесс ее дальнейший транспортировки и переработки.

Важной характеристикой эмульсии является ее дисперсность, которая показывает степень раздробленности дисперсной фазы в дисперсной среде. Размер капель нефти дисперсной фазы в эмульсиях имеют различные величины: мелкодисперсные (0,2 – 20 мкм), среднедисперсные (20 – 50 мкм), грубодисперсные (50 – 300 мкм).

Авторами работы были предложены сепарационные элементы, представляющие собой гофрированные пластины с ориентацией гофр, выполненных под углом 45º, которые вставляются в отстойник. В ходе использования гофрированных пластин была выдвинута гипотеза, что их использование в отстойнике позволит повысить эффективность разделения водонефтяной эмульсии и увеличить пропускную способность устройства за счет интенсификации процессов флокуляции капель нефти и дальнейшей их коагуляции. Интенсификация данных процессов вызвана образованием множества точек вихреобразования вблизи гофр, позволяющие создать волновую структуру потока внутри отстойника, вследствие которой увеличивается количество процессов слипания и объединения капель нефти [1].

Для проверки адекватности выдвинутой гипотезы была смоделирована трехмерная модель отстойника с сепарационными элементами в виде гофрированных пластин с ориентацией гофр, выполненных под углом 45º и проведено численное моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в данном устройстве в программном комплексе *ANSYS Fluent*. Трехмерная модель отстойника с гофрированными пластинами имела следующие геометрические размеры: высота, ширина и глубина корпуса – 105, 365 и 20 мм соответственно, высота и ширина области ввода воды – 100 и 5 мм соответственно, высота и ширина гофрированных пластин – 100 и 300 мм соответственно, диаметр гофр – 8 мм, расстояние между 2 гофрированными пластинами – 10 мм, высота межсекционной перегородки – 50 мм [2-4].

Проведенные исследования показали, что использование сепарационных элементов, представляющие собой гофрированные пластины с ориентацией гофр, выполненных под углом 45º, позволяют повысить эффективность разделения водонефтяной эмульсии на составляющие компоненты за счет возникновения волновой структуры потока и множества точек вихреобразования относительно длин пластин. Однако, различные характеристики точек вихреобразования: сила и их размер, являются причиной увеличения и уменьшения эффективности разделения эмульсии, вследствие обратных процессов – расслоения и смешения. В ходе исследований установлено, что эффективность

разделения водонефтяной эмульсии в среднем составляет 73,7 %. При этом был определен пиковый диапазон, соответствующий скоростям от 0,05 до 0,17 м/с при котором эффективность разделения эмульсии, составляет в среднем 77,7 %. Высокая эффективность обусловлена тем, что при диапазоне скоростей 0,05 – 0,17 м/с процессы расслоения превалирует над процессами смешения эмульсий. При скорости движения водонефтяной эмульсии равной 0,11 м/с и близким к данному значению скоростям достигается максимальная эффективность ее разделения равная не менее 80 % вне зависимости от размера устройства. Рост эффективности разделения водонефтяной эмульсии составил в среднем на 3 % при увеличении размера нефтяных глобул на каждые 50 мкм. Таким образом, ключевыми показателями, влияющие на изменение эффективности разделения водонефтяной эмульсии на составляющие компоненты являются скорость ее движения, и размер, и плотность нефтяных глобул.

**Источники**

1. Зинуров, В.Э. Исследование процесса деэмульсации водонефтяной эмульсии в отстойнике с гофрированными пластинами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, В. В. Харьков, А. Р. Галимова // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 7. С. 61-64.

2. Зинуров, В.Э. Повышение эффективности разделения водонефтяной эмульсии в горизонтальной отстойнике / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // IV Международная научно-практическая конференция «Булатовские чтения» (г. Краснодар, 31 марта 2020 г.): материалы конференции в 5 т. Т. 5. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2020. С. 94-96.

3. Дмитриев, А. В. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе / А. В. Дмитриев В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, С. В Данг // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 3 (39). С. 65-71.

4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Шарипов И.И., Данг С.В., Харьков В.В. Интенсификация очистки сточных вод ТЭС от нефтепродуктов в отстойниках // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 6. С. 64-67.

УДК 681.586.78

# ВНЕДРЕНИЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМУ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

Анастасия Алексеевна Цветков[1], Алексей Николаевич Цветков[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]tsvetkov9@mail.ru

**Аннотация:** В работе описан ПИД-регулятор, внедренный в систему поддержания температуры воды плавательного бассейна «Акварена», расположенного в городе Казань, благодаря которому существенно повышена точность регулирования и стабильность состояния бетонной чаши бассейна.

**Ключевые слова:** регулятор, поддержание температуры, автоматическое управление, плавательный бассейн.

# INTEGRATION OF A PID-CONTROLLER INTO THE AUTOMATIC MAINTENANCE OF SWIMMING POOL WATER TEMPERATURE

Anastasia Alexeevna Tsvetkova, Alexey Nikolaevich Tsvetkov

**Annotation:** The paper describes a PID controller implemented in the water temperature maintenance system of the swimming pool "Aquarena" located in the city of Kazan, due to which the control accuracy and stability of the concrete bowl of the pool are significantly increased.

**Keywords:** regulator, temperature maintenance, automatic control, swimming pool.

Система поддержания температуры воды является одной из важнейших систем обеспечения нормального функционирования плавательного бассейна. От температуры воды зависит уровень комфорта спортсмена и его тепловой режим при выполнении упражнений, связанных с длительными заплывами.

Традиционно температура воды поддерживается с помощью теплообменников и регуляторов, обеспечивающих требуемый уровень температуры на выходе из теплообменника, что ни каким образом не коррелируется с температурой воды в бассейне. При этом приходится постоянно менять режим работы регулятора теплообменника путем изменения уставки температуры воды на выходе. В итоге получается разброс температуры воды в бассейне на 2…3 градуса Цельсия.

Современные требования спортсменов к температуре воды не позволяют проводить комфортные тренировки при таких отклонениях, что сразу же отражается в негативных отзывах о соотношении цены и качества

предоставляемых услуг. Возникновение таких негативных моментов повлекло за собой необходимость ввести элемент автоматизации поддержания температуры воды.

Регулятор, обеспечивающий поддержание температуры воды на выходе из теплообменника подключен к единой информационной сети управления плавательным бассейном и позволяет производить корректировку уставок. Наиболее оптимальным регулятором для данной системы является программный код, основанный на законах ПИД регулирования.

Дифференциальный пропорционально-интегральный регулятор (ПИД-регулятор) – прибор или программный код, в случае применения цифрового регулятора, предназначенный для поддержания параметра, способного к изменениям. Три контроллера дифференциальный, пропорциональный и интегральный, объединены таким образом, что создают управляющий сигнал в зависимости от величины отклонения поддерживаемого параметра от заданной величины. Устанавливаются ПИД-регуляторы в автоматизированных системах, встраиваются в управляющий контур, и требуют обязательной обратной связи.

Принцип непрерывной работы данного устройства заключается в подаче выходного сигнала о силе мощности, необходимой для поддержания регулируемого параметра. Аппарат использует сложную математическую формулу, в составе которой есть 3 коэффициента — пропорциональный, интегральный, дифференциальный.

Объем воды плавательного бассейна «Акварена», расположенного в городе Казань составляет 2000 м$^3$, поэтому процесс регулирования является достаточно инерционным, реализованный в системе управления цифровой регулятор обеспечивает поддержание температуры бассейна с периодичностью обновления выходного сигнала в 30 минут, что является вполне достаточным при определенной величине коэффициентов.

Участок системы, задействованной в системе регулирования показан на рисунке 1. Процесс регулирования температуры воды и вычисления управляющего воздействия показан на рис. 2.

Процесс регулирования заключается в измерении температуры воды в бассейне, сравнении ее с заданной температурой и вычислении требуемой температуры на выходе из теплообменника. При превышении температуры над заданной, система стремится охладить воду путем снижения температуры подаваемой воды и наоборот при снижении температуры система стремится подогреть воду путем увеличения температуры подаваемой воды.

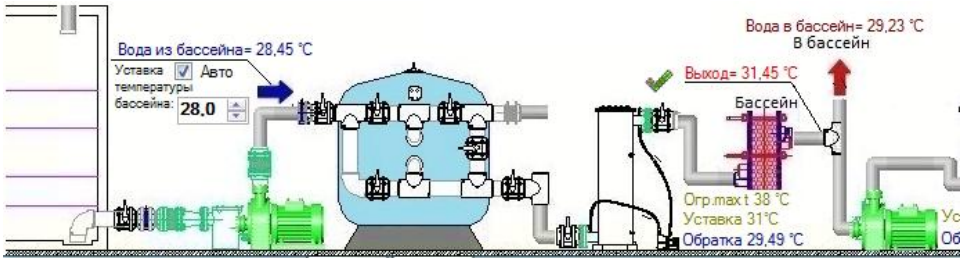



Рис. 1. Система регулирования температуры воды бассейна

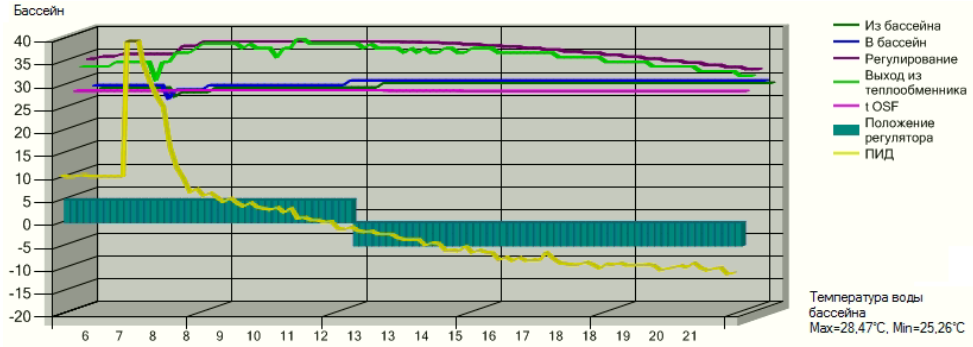



Рис. 2. Процесс работы ПИД-регулятора при нагреве и охлаждении воды

Процесс изменения температуры воды бассейна зависит от многих факторов, например, температура на улице, температура воздуха в бассейне, которая существенно влияет на объем испаряющейся с поверхности воды и на скорость остывания, поэтому регулятор практически постоянно находится в работе. Случаи, когда регулятор работает на одной и той же уставке температуры очень редкие. Но применение ПИД-регулятора позволяет стабилизовать процесс отклонения температуры от заданной в пределах 0,5 градуса Цельсия.

## 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.

УДК 621.313.333

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ДЛЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Динар Тауфикович Чурекеев[1], Танир Хамитевич Мухаметгалеев[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[1]ramid89@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru@

**Аннотация:** Исследуется работа активных фильтров высших гармоник для уменьшения отрицательного влияния частотно-регулируемого асинхронного электропривода на питающую электросеть

**Ключевые слова**: активный фильтр, асинхронный электропривод, высшие гармоники.

# RESEARCH OF THE OPERATION OF HIGHER HARMONIC ACTIVE FILTERS FOR A FREQUENCY-CONTROLLED ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

Dinar Taufikovich Churekeev, Tanir Khamitevich Mukhametgaleev

**Annotation:** The work of active filters of higher harmonics is investigated to reduce the negative effect of a frequency-controlled asynchronous electric drive on the power supply network

**Key words:** active filter, asynchronous electric drive, higher harmonics

Параметры промышленной питающей электросети должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения» [1]. Параметры питающей сети, не соответствующие нормам (повышенное или пониженное напряжение, всплески и провалы напряжения, искажение синусоидальной формы напряжения и др.), воздействуя на подключенных электропотребителей, могут нарушать их нормальную работу, и даже выводить их из строя.

Среди показателей качества электроэнергии (КЭ) стандартом определены два параметра, характеризующие степень искажения формы синусоиды напряжения в электросети:

– коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения * KU

$$K_U = \frac{\sqrt{(U_{(2)}^2 + U_{(3)}^2 + ... + U_{(40)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $U(1)$ – действующее значение междуфазного (фазного) напряжения 1-ой гармоники (основной частоты); $U(2)$, $U(3)$ … $U(40)$ – действующие значения междуфазного (фазного) напряжения высших гармоник, кратных по частоте основной гармонике (при определении коэффициента искажения синусоидальности *KU* стандарт предписывает учитывать гармоники только от 2-ой до 40-й и не учитывать гармоники, уровень которых менее 0,1 %);

– коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения

$$K_{U(n)} = \frac{U_n}{U_{(1)}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где $n$ – номер гармонической составляющей, кратной основной частоте, в спектре сетевого напряжения [2].

Согласно ГОСТ 13109-97, нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения для сетей напряжения 0,38 кВ составляет 8 %, предельно допустимое значение составляет 12 %.

В последние годы все более широкое применение в промышленности находят частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. Наряду с несомненными большими преимуществами данного типа электропривода перед другими типами электроприводов, они обладают и существенным недостатком: генерация высших гармоник в питающую сеть. Поэтому актуальна проблема снижения негативного влияния таких электроприводов на сеть. Активные фильтры гармоник электросети подавляют весь спектр гармонических составляющих в сети и не приводят к резонансу с существующим оборудованием: силовыми трансформаторами и косинусными конденсаторами.

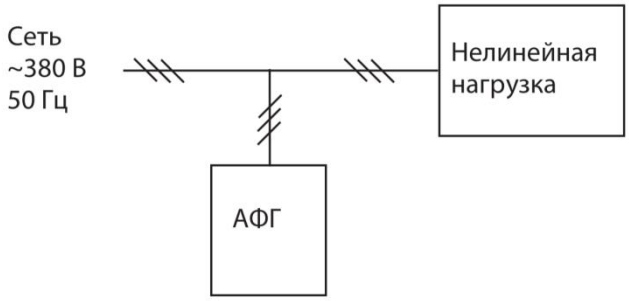
Активный фильтр гармоник подключается параллельно нелинейной нагрузке (рис. 1) [3].

Принцип действия активного фильтра гармоник основан на анализе гармоник нелинейной нагрузки и генерировании в распределительную сеть таких же гармоник, но с противоположной фазой. В результате высшие гармонические составляющие нейтрализуются в точке подключения фильтра, не распространяются от нелинейной нагрузки в сеть и не искажают напряжения сети.

Активный фильтр гармоник может быть установлен в любой точке распределительной сети и способен компенсировать высшие гармоники от одной или нескольких нелинейных нагрузок.

Активный фильтр гармоник обеспечивает наилучшее подавление высших гармоник. Например, применение такого фильтра позволяет снизить коэффициент искажения синусоидальности напряжения с THD = 17 % (без фильтров) до THD = 2,5 % [4].

Применение активных фильтров для подавления высших гармоник однозначно необходимо в случае их большого уровня – THD > 50 % [5].




Подключение активного фильтра гармоник

**Источники**

1. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Григорьев О., Петухов В., Соколов В., Красилов И. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ // Новости электротехники. 2002. № 6.

3. Климов В., Карпиленко Ю., Смирнов В. Компенсаторы реактивной мощности и мощности искажения в системах гарантированного электропитания промышленного назначения // Силовая электроника. 2008. № 3.

4. Активный фильтр гармоник электросети. Компания «Матик-электро», г. Москва. www.matic.ru.

5. Шишкин С. Защитные антирезонансные дроссели низковольтных конденсаторных батарей // Силовая электроника. 2007. № 4.

УДК 691:662.99

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ КАЧЕСТВ ИННОВАЦИОННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ, ЖИДКОКЕРАМИЧЕСКИХ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Валерия Павловна Березина
ФГБОУ ВО «ВоГУ», г. Вологда
ranel19@yandex.ru

**Аннотация:** В работе кратко изложены результаты исследования коэффициента теплопроводности термокраски с помощью стационарного метода теплового контроля в лабораторных условиях. Объектом исследования является инновационное энергосберегающее жидкокерамическое теплоизоляционное покрытие – термокраска марки *Teplomett* «Фасад». Выбор объекта исследования обусловлен тем, что вопросам энергосбережения, экологичности и тепловой защиты объектов капитального и завершенного строительства, систем и подсистем инженерно-технического обеспечения в настоящее время уделяется самое пристальное внимание. Эти задачи обозначены в федеральных законах, национальных проектах и профильных стратегиях Российской Федерации.

**Ключевые слова:** теплопроводность, теплоизоляционное покрытие, термокраска, энергосбережение, активный метод теплового контроля.

# SOME RESULTS OF THE STUDY OF HEAT-CONDUCTING QUALITIES OF INNOVATIVE ENERGY-SAVING LIQUID-CERAMIC THERMAL INSULATION COATINGS

Valeriya Pavlovna Berezina

**Annotation:** The paper summarizes the results of a study of the thermal conductivity coefficient of thermal paint using a stationary method of thermal control in the laboratory. The object of research is an innovative energy – saving liquid-ceramic thermal insulation coating-thermal paint brand Teplomett "Facade". The choice of the research object is due to the fact that the issues of energy saving, environmental friendliness and thermal protection of capital and completed construction objects, systems and subsystems of engineering and technical support are currently being paid the closest attention. These tasks are outlined in Federal laws, national projects, and specialized strategies of the Russian Federation.

**Key words:** thermal conductivity, thermal insulation coating, thermal paint, energy saving, active method of thermal control.

Тепловая изоляция играет важную роль в современном строительстве и промышленности. С ее помощью решают вопросы жизнеобеспечения, организации технологических процессов, экономии энергоресурсов. Теплоизоляционные конструкции являются неотъемлемой частью

гражданских и промышленных зданий, защитных элементов промышленного оборудования, инженерных систем, установок и их отдельных элементов. Благодаря теплоизоляции значительно повышаются надежность, долговечность и эффективность эксплуатации зданий, сооружений, инженерного оборудования [1–3].

Потребность решать задачи энергосбережения и тепловой изоляции объектов капитального и завершенного строительства, инженерно-технических систем и их отдельных элементов привела к разработке инновационных материалов, механизм действия которых в корне отличается от работы классических теплоизоляторов (рис. 1). Одно из последних достижений научно-технического прогресса – жидкая сверхтонкая теплоизоляция. На сегодняшний день материалы этого типа являются, пожалуй, наилучшим решением множества вопросов, связанных с тепловой изоляцией зданий, сооружений, инженерного оборудования. К тому же, с их помощью можно разрешать проблемы, которые невозможно было разрешить, используя традиционные теплоизоляционные материалы [4, 5].

Жидкая теплоизоляция используется для того, чтобы окрасить поверхность практически любой формы [6]. Этот вид изоляции отличается высокими теплоизоляционными свойствами, а также достаточно высокой степенью шумоизоляции, гидроизоляции и устойчивостью к образованию коррозии. Данные свойства термостойкой краски обусловлены наличием в ней микросфер с разряженным воздухом. Микросферы не соприкасаются между собой, а подвергнуты дисперсии в акриловом полимере. Это делает возможным их нанесение на любой рельеф, в результате чего полученный сплошной слой обладает высокими эксплуатационными свойствами.

Также отметим, что ключевым теплотехническим параметром любой термокраски является коэффициент теплопроводности, фактическая величина которого, как правило, существенно отличается от заявленных заводом-изготовителем значений [1–6].

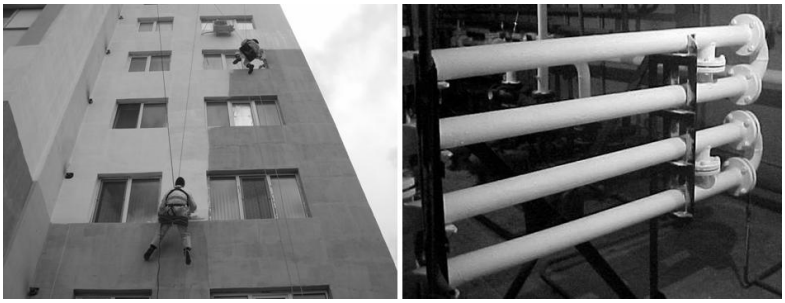


Рис. 1. Примеры утепления фасада здания и инженерного оборудования термокраской

Рассмотрим лабораторный стационарный метод определения коэффициента теплопроводности термокраски *Teplomett* «Фасад» (г. Коломна, Московская область, Российская Федерация). Метод реализуется на устройстве (рис. 2, рис. 3) по следующему алгоритму:

1. Измеритель теплопроводности 3 с помощью нагревателя 4 и холодильника 5 создает стационарный тепловой поток, проходящий через плоский трехслойный образец. По величине плотности теплового потока, температуре противоположных лицевых граней плоского трехслойного образца и его толщине, которая равна сумме толщин двух теплопроводных эталонов 1 и слоя объекта контроля (термокраска) 2, т. е. $2\delta + \delta_{из}$, измеритель теплопроводности 3 вычисляет эквивалентный коэффициент теплопроводности $\lambda_{экв}$ плоского трехслойного образца;

2. Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ объекта контроля 2 вычисляют по формуле:

$$\lambda_{из} = \frac{\delta_{из}}{\dfrac{2\delta + \delta_{из}}{\lambda_{экв}} - \dfrac{2\delta}{\lambda}},$$

где $\lambda_{экв}$ – эквивалентный коэффициент теплопроводности плоского трехслойного образца, определенный измерителем теплопроводности 3; $\lambda$ – коэффициент теплопроводности материала теплопроводных эталонов 1; $\delta$ – толщина одного эталона 1; $\delta_{из}$ – толщина слоя объекта контроля 2.

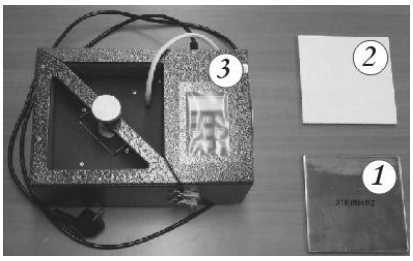



Рис. 2. Внешний вид устройства для реализации метода: 1 – стальная эталонная пластина; 2 – стальная пластина, покрытая термокраской; 3 – измеритель теплопроводности ИТС-1 «150»

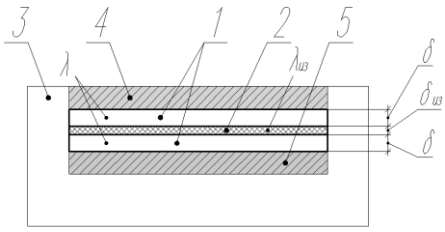



Рис. 3. Принципиальная схема реализации метода: 1 – теплопроводные эталоны; 2 – объект контроля (теплоизоляционная краска); 3 – измеритель теплопроводности; 4 – нагреватель; 5 – холодильник

По результатам многочисленных лабораторно-экспериментальных исследований коэффициент теплопроводности термокраски Teplomett «Фасад» равен 0,0040–0,0050 Вт/(м·К). Заводом-изготовителем заявлен коэффициент теплопроводности, равный 0,0012 Вт/(м·К).

Теплоизоляционная краска с каждым годом все больше завоевывает рынок отечественного энергосбережения. В первую очередь это связано с тем, что в последние десятилетия Россия акцентировала внимание на вопросы энерго- и ресурсосбережения, так как цены на энергоносители резко возросли, появилась необходимость в разработке, а соответственно, и в исследовании уже существующих и новых теплоизоляционных материалов.

На кафедре теплогазоводоснабжения Инженерно-строительного института Вологодского государственного университета в настоящее время продолжается планомерная научная работа по исследованию теплопроводных качеств энергосберегающего теплоотражающего теплоизоляционного покрытия на примере термокраски. Знание точного значения коэффициента теплопроводности, как ключевого теплофизического свойства, позволит ответить на ряд вопросы: расход и стоимость термокраски; стоимость работ по теплоизоляции объектов различного назначения; энергосберегающий эффект от применения термокраски.

## Источники

1. Березина В.П., Карпов Ф.Д., Лемешева В.А. и др. Некоторые результаты исследования теплопроводности термокраски // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых. Могилев. Белорус.-Рос. ун-т. 2018. С. 126.

2. Карпов Ф.Д., Березина В.П., Карпов Д.Ф. К исследованию основных теплофизических свойств композиционных строительных материалов // Материалы с заданными свойствами на переходе к новому технологическому укладу: хим. технологии: сборник материалов I Научно-технической конф. Москва. НИЦ «Курчатовский институт». ИРЕА. 2018. С. 83.

3. Карпов Д.Ф. Тепловые методы и средства контроля теплопроводности термокраски // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. № 2. С. 61-68.

4. Карпов Д.Ф. Средство и метод теплового контроля основных теплофизических свойств строительных материалов и изделий //

Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Национальной науч.-практ. конф. (Казань, 6-7 декабря 2018 г.): в 2 т. / Редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казан. гос. энерг. ун-т. Казань. 2019. Т. 2. С. 463-469.

5. Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Березина В.П. Современные теплоизоляционные материалы для повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и энергоэффективности инженерных систем // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения. Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции. Саратов. СГТУ им. Ю. А. Гагарина, 2020. С. 81-87.

6. 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. В сборнике: HSTED-2020. E3S Web of Conferences 178, 01004 (2020). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801004.

УДК330.101

# ПРОБЛЕМЫ ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ ТЭК

Раис Абрарович Бурганов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань.
burganov-r@mail.ru

**Аннотация:** В работе рассмотрен ряд положений процесса цифровизации топливно-энергетического комплекса, а именно сущность цифровизации, ее значение для деятельности ТЭК. Также выделены проблемы институционализации в процессе реализации цифровизации комплекса.

**Ключевые слова:** Топливно-энергетический комплекс, цифровизация, институционализация.

# PROBLEMS OF INSTITUTIONALIZATION OF THE DIGITALIZATION OF THE FEC

Rais Abrarovich Burganov

**Annotation:** The paper considers a number of provisions of the digitalization process of the fuel and energy complex, namely the essence of digitalization, its importance for the activities of the fuel and energy complex. The problems of institutionalization in the process of implementing the digitalization of the complex are also highlighted.

**Keywords:** Fuel and energy complex, digitalization, institutionalization.

Топливно-энергетический комплекс (далее ТЭК) России представляет собой совокупность компаний, осуществляющих добычу энергоресурсов, их преобразование в энергию, транспортировку и распределение энергии и энергоносителей. В него входят объекты нефте- и газодобычи, нефтепереработки, системы транспортировки и распределения газа, нефти и продуктов ее переработки, электростанции различных типов, сети передачи и распределения тепловой и электрической энергии.

Тенденции в развитии цифровизации находит свое отражение в деятельности ТЭК, как ключевого элемента экономической системы. Само понятие «цифровизация» имеет множество определений. В широком плане цифровизация - это процесс внедрения достижений цифровых технологий во все системные элементы деятельности ТЭК. В узком значении цифровизация – это определенный вид деятельности, основанный на использовании цифровых данных. В обоих подходах имеются проблемы, решение которых влияет на эффективность работы всего ТЭК и всего общества.

Соответственно многие параметры деятельности ТЭК должны быть пересмотры, в том числе использование цифровых технологий, методы и инструменты отраслевого и внутрифирменного управления и регулирования, принципы координации с контрагентами, с органами государственного управления.

Институционализация предполагает создание соответствующих институтов (формальных или неформальных институтов) для упорядочений процесса цифровизации.

Для решения основных задач по цифровой трансформации энергетики сформирован ведомственный проект «Цифровая энергетика», в котором предусмотрено ряд мероприятий, охватывающих четыре направления. Это создание благоприятных условий для разработки цифровых технологий, реализация цифровизации в электроэнергетике, нефтегазовом комплексе, угольной промышленности. В их рамках предусмотрены мероприятия по разработке и корректировке законодательства, нормативной правовой и нормативной технической базы, отбор и реализация пилотных проектов по внедрению цифровых технологий и отраслевых платформенных решений [1].

Следует отметить то, что по всем направлениям цифровизации должны быть учтены особенности их развития. ТЭК – высококонцентрированная организация [2],[3]. Для координации процесса цифровизации созданы Центры компетенций во всех сферах ТЭКа, которые должны определить направления, выбор и разработку технологий, развивать институциональную системы цифровизации, разработать перспективу цифрового развития отраслей ТЭК.

Кроме того, на уровне компаний созданы стандарты в сфере реализации и управления цифровой деятельностью, основанных на учете опыты ведущих мировых компаний и особенности деятельности своей отрасли. В то же время необходимо создать межотраслевые структуры взаимодействия в разработке планов действий.

Внедрение и дальнейшее развитие цифровых технологий зависит от региона, поддержки со стороны государства и готовности энергокомпаний инвестировать средства в технологические инновации. Цифровые технологии должны повысить эффективность деятельности ТЭК, а в перспективе увеличить предложение новых услуг с новыми потребительскими качествами.

Решающим фактором успеха в цифровой трансформации отрасли является готовность компаний к освоению новых инструментов и

получению цифровой ценности – преимуществ, которые открываются с внедрением инновационных технологий.

В целом, в настоящее время создана институциональная база проведения цифровизации ТЭКа, но влияние экзогенных факторов требует постоянного ее совершенствования и обновления институтов.

## Источники

1. Ведомственный проект «Цифровая энергетика». Доступно по: https://minenergo.gov.ru/node/14559.

2. Бурганов Р.А. Концентрация производства и экономическая концентрация как системные основы развития экономики // Журнал экономических исследований. 2016. Т.2. № 4.

3. Бурганов Р.А., Лившиц С.А., Юдина Н.А. Моделирование институционального развития нефтегазовой отрасли // Главный энергетик. 2019. № 11.

УДК 621.311

# РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ХОЛОДНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДО ПИТЬЕВОГО КАЧЕСТВА

Карина Альбертовна Гареева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
karinagareeva1997@yandex.ru

**Аннотация:** В данной статье описан метод очистки воды с системы холодного водоснабжения до питьевого качества многоквартирного жилого дома. Приведены примеры реализации системы очистки воды до для бытовых условий, рассмотрены качества водопроводной воды города Казани (поверхностных и подземных источников).Авторами статьи разработана лабораторная экспериментальная установка очистки воды холодного водоснабжения до питьевого качества многоквартирного жилого дома. Данная установка позволяет проводить исследования по очистке воды тремя технологиями (механическая фильтрация, ионный обмен, мембранный метод).
**Ключевые слова:** питьевая вода, очистка, жилищно-коммунальные хозяйства, многоквартирный жилой дом, экспериментальная установка.

# DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL PLANT FOR COLD WATER TREATMENT TO POTABLE QUALITY

Karina Albertovna Gareeva

**Annotation:** This article describes the method of water purification from the cold water supply system to the drinking quality of an apartment building. Examples of implementation of a system of water purification for household conditions are given, and the quality of tap water in the city of Kazan (surface and underground sources) is considered. The authors of the article developed a laboratory experimental installation of cold water treatment to drinking quality of an apartment building. This unit allows you to conduct research on water purification using three technologies (mechanical filtration, ion exchange, and the membrane method).
**Keywords**: drinking water, cleaning, housing and communal services, multi-apartment residential building, experimental installation.

Источниками холодного водоснабжения (ХВС) городов в РФ являются поверхностные и подземные воды. Основными источниками водоснабжения являются крупные реки в РФ. Основными проблемами в сфере водоснабжения и водоотведения РФ является плохое техническое состояние систем, низкое качество питьевых вод, сброс очищенных сточных вод с повышенной концентрацией. Низкая эффективность водопользования и дефицит вкладываемых средств финансирования в данный сектор. Потеря воды в водопроводных системах в РФ достигают 20%, порядка 4 млрд м$^3$ вод в год. Износ систем водоснабжения составляет

более 60%.Данная проблема для многих городов РФ является весьма актуальной. К сожалению, в современных условиях качества воды ХВС не удовлетворяют нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода [1]. До 60% населения взрослых и детей, живущих в МЖД, используют в качестве питья холодную воду без дополнительной обработки, которая пагубно может повлиять на здоровье населения.

Один из методов устранения вышеописанных проблем может являться переход на двухконтурную систему МЖД подачи холодного водоснабжения и питьевого водоснабжения. Для данного проекта авторами была разработана экспериментальная установка для очистки воды ХВС до питьевого качества. Данная установка состоит из трёх видов наиболее перспективных систем очистки воды: механическая фильтрация, ионный обмен, мембранный метод.

Вода поступает в экспериментальную установку через полипропиленовую трубу, на входе установлена регулирующая арматура (2) позволяющая изменять расход воды через установку. Для снижения количества механических частиц более 100 мкм, ржавчины, окалины, песка, ила установлен магистральный сетчатый фильтр. Вода после него направляется на три типа установки 1- угольная, 2-ионная ,3-мембранный метод. Угольные фильтры – это сорбционные устройства, которые в первую очередь производят очистку воды от остатков хлора и хлорсодержащих веществ, а также от всевозможных органических примесей. Ионообменный фильтр очистки воды, заполняется ионнообменной смолой, через которую проходит вода. После того как вода просачивается через нее происходит замена ионов электролитов на ионы ионитов, после чего изменяется химическая структура как самой воды, так и самого химического реагента.

Основным элементом мембранных фильтров является полупроницаемая мембрана, пропускающая кислород и воду. Мембранная установка состоит из цилиндра, входными и выходными резьбовыми крышками для подачи исходной воды и выхода пермиата и концентрата.

После каждой установки имеется проотборная точка. Кроме того, лабораторная установка для очистки воды ХВС до питьевого качества имеет линии рециркуляции между тремя типами установками, что позволяет повысить качество воды за счёт комбинированной очистки.

Проведение лабораторных исследований позволяет определить наиболее эффективную ресурсосберегающую технологию очистки воды ХВС до питьевого качества. Результаты, полученные на лабораторной установке, позволят разработать промышленный узел для очистки воды

установленную в каждом МЖД по схеме двухконтурной системы ХВС и питьевой воды.


Экспериментальная установка для очистки воды холодного водоснабжения до питьевого качества: *1* - Сетчатый фильтр, *2*- Угольный фильтр, *3*- Ионный фильтр, *4*-Мембранный фильтр, *5,6*- Ионизатор, *7*- Линия регенерации, *8*- Бак с регенерирующим раствором

Цель разработки данной экспериментальной установки для очистки воды ХВС до питьевого – повысить качество жизнеобеспечения населения в соответствии с требованиями национального проекта РФ Чистая вода [2].

## Источники

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

2. Федеральный проект «Чистая вода». Минстрой России //http://www.minstroyrf.ru/press/regionam-uchastnikam-federalnogo-proekta-chistaya-voda-budet-okazana-podderzhka-iz-federalnogo-byudzh

УДК 66.074.2

# ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОЙ ВИХРЕВОЙ СТРУКТУРЫ В СЕПАРАТОРЕ С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

Гузель Рамилевна Бадретдинова[1], Андрей Владимирович Дмитриев[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nice.badretdinova@mail.ru, [2]ieremiada@mail.ru

**Аннотация:** В промышленности все чаще поднимается проблема очистки газовых потоков от мелкодисперсных частиц размером до 20 мкм. Из-за наличия в газовом потоке мелкодисперсных частиц происходит забивка оборудования и отдельных элементов производственных линий, что приводит к ее частой остановке. Для решения данной проблемы предложена конструкция сепаратора с соосно расположенными трубами и исследованавихревая структура газового потока в устройстве. Также мелкие твердые частицы являются одними из наиболее сильных загрязнителей окружающей среды, негативно влияющих на организм человека.

**Ключевые слова:** сепаратор, вихревая структура, мелкодисперсные частицы, численное моделирование.

# RESEARCH OF STABLE VORTEX STRUCTURE IN A SEPARATOR WITH COAXIAL PIPES

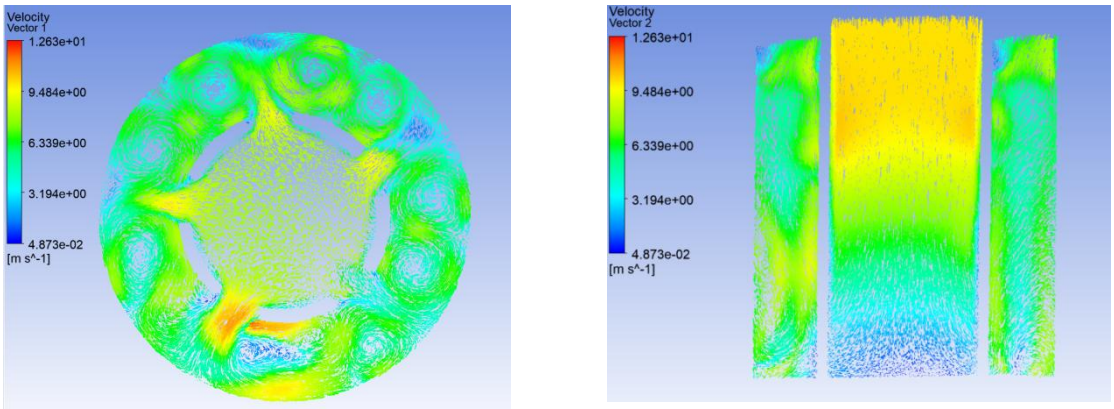
Guzel RamilevnaBadretdinova, Andrey Vladimirovich Dmitriev

**Annotation:** The industry is increasingly raising the problem of cleaning gas streams from fine particles up to 20 microns in size. Due to the presence of fine particles in the gas stream, equipment and individual elements of production lines are clogged, which leads to its frequent shutdown. To solve this problem, the design of a separator with coaxially located pipes is proposed and the vortex structure of the gas flow in the device is investigated. Also, fine particulate matter is one of the most powerful environmental pollutants that negatively affect the human body.

**Keywords**: separator, vortex structure, fine particles, numerical simulation.

Проблема забивки оборудования мелкодисперсными частицами и остановки технологических линий связана с низкой эффективностью улавливания частиц размером до 20 мкм. Наиболее распространенными устройствами для очистки газовых потоков являются аппараты грубой и тонкой очистки. К аппаратам грубой очистки относятся циклоны, имеющие низкую эффективность улавливания частиц размером до 20 мкм и высокое гидравлическое сопротивление. Аппараты тонкой очистки, в частности рукавные фильтры, являются дорогостоящим оборудованием и нуждаются в периодическом обслуживании: очистка аппаратов, замена фильтрующих элементов и др. Поэтому разработка новых устройств для повышения эффективности улавливания частиц размером до 20 мкм является актуальной.

Авторами разработана конструкция сепарационного устройства с соосно расположенными трубами, которую предлагается установить после аппаратов грубой очистки и перед аппаратами тонкой очистки, что позволит увеличить их эксплуатационный срок работы. Численным моделированием в программном комплексе *ANSYSFluen*t исследована вихревая структура потока, а именно влияние технологических (скорость потока) и конструктивных (ширина прямоугольной щели) параметров на ее создание. На входе задавалась скорость потока от 1 до 15 м/с, ширина прямоугольной щели варьировалась в пределах от 7,7 мм до 15,7 мм.




Вихревая структура в сепараторе при *w*= 10 м/с,*b*=12 мм

В ходе проделанных исследований получено, что наиболее устойчивая структура возникает при заданной скорости потока, равной 10 м/с и ширине прямоугольной щели 12 мм. Потери давления в центробежном сепарационном устройстве составляют не более 70 Па. Таким образом, при полученных данных, образовавшиеся вихри имеют наиболее эффективный радиус, тем самым расстояние между вихрями становится минимальным, что позволяет соседним вихрям дополнительно ускорять друг друга.

## Источники

1. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Уткин М.О. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 10. С. 68-71.

2. Дмитриев А.В., Ву Линь Нгуен., Зинуров В.Э и др. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 15. С. 78-80.

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., и др. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10. № 1(37). С. 74-81.

УДК/ББК 628.4.038

# РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЭК И ЖКХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

Елена Николаевна Зайцева
СФУ, г. Красноярск
Lenap1978@mal.ru

**Аннотация:** Современная система нормирования не способствует и не обеспечивает снижение воздействия на окружающую среду в части уменьшения образования отходов. Деятельность по сбору, сортировке, переработке и использованию отходов в качестве вторичного сырья и энергоносителей на территории Красноярского края набирает обороты, и за последние годы наметилась положительная тенденция роста количества переданных на обработку отходов и снижения количества захороненных.

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, золошлаковые отходы, подготовка топлива, гидродинамическое воздействие, раздельный сбор.

# RESOURCE SAVING IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES USING A WASTE MANAGEMENT SYSTEM

Elena Nikolaevna Zaitzeva

**Annotation:** Modern ration system is not conducive to and reduces environmental impact in terms of waste reduction. The activity of collecting, sorting, processing and using waste as a secondary raw material and energy carriers in the Krasnoyarsk Territory is gaining momentum and in recent years there has been a positive trend towards an increase in the amount of waste transferred for processing and a decrease in the number of buried.

**Key words:** resource saving, ash and slag waste, fuel preparation, hydrodynamic action, separate waste collection.

Развитие городов и рост промышленности способствуют улучшению качества жизни населения, но в свою очередь приводит к санитарно-экологическим проблемам, связанным с отчуждением территорий, вследствие большого количества образования разнообразных отходов и недостаточно развитой промышленной базой по их использованию и переработке [1].

Ежегодно в России образуются свыше 7,7 миллиардов тонн отходов, из которых перерабатываются менее 30 %. Очевидно, что большей частью это промышленные отходы, те же горные породы извлекаемые при добыче руды, отходы угольной промышленности – складываются в отвалы и хранилища,

образование которых за год превышает 6 миллиардов тонн. Все более расширяются зоны с особыми неблагоприятными экологическими условиями, дальнейшее экономическое развитие которых без соответствующих и необходимых мер по охране окружающей среды может способствовать образованию сплошных территорий экологического бедствия и катастроф [2].

Только золошлаковых отходов (ЗШО) в РФ по разным оценкам ежегодно образуется 25-40 млн. т, а накоплено уже более 1,5 млрд. т. Из них лишь 5-10 % утилизируется, остальное складируется в золоотвалах, являющимися сложными и дорогостоящими гидротехническими сооружениями. Многие из действующих золоотвалов в настоящее время переполнены, а ряд из них, находятся в предаварийном состоянии. Требуются новые площади для создания очередных хранилищ ЗШО, которые, как правило, размещаются на территориях, прилегающих к населенным пунктам.

Несмотря на перспективу широкого использования золошлаковых отходов, в настоящее время продолжается многотоннажное совместное складирование золы и шлака в золоотвалах традиционного типа, что практически делает невозможным изымать хранящиеся отходы для применения в качестве вторичного сырья. Поэтому одним из способов повышения объемов утилизации золы и шлака даже для территорий находящихся в суровых климатических условиях (как доказали ученые политехнического института СФУ), является раздельная их выдача потребителям [3].

Инициатива по решению вопросов утилизации ЗШО должна исходить от энергетических компаний, в ведении которых находятся золоотвалы традиционного типа, пылящие, фильтрующие и тем самым загрязняющие окружающую среду. Масштабная утилизация золошлаков позволит, во-первых, улучшить экологическую обстановку населенных пунктов, вблизи которых находятся золошлокоотвалы; во-вторых, добиться результатов сохранения природных ресурсов цветных, благородных и редкоземельных металлов, стройматериалов и ископаемых мелиорантов для сельского хозяйства; в-третьих, продлить на неограниченный срок эксплуатацию золошлакоотвалов и снизить затраты на их содержание.

Красноярский край по ежегодному количеству образования отходов входит в десятку субъектов Российской Федерации – крупнейших производителей отходов. В числе лидеров по объемам промышленных отходов занимают золошлаковые отходы. Например, за период эксплуатации

ТЭЦ «Енисейская ТГК (ТГК-13)» накоплено более 15 миллионов тонн золы и шлаков. Подразделения ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» ежегодно повышают вовлечение золошлаковых отходов в хозяйственный оборот стремясь к показателям до 90 % от ежегодных объемов образования. Так, доля использованных и переработанных отходов ЗШО от общего объёма образованных производственных отходов в 2017 году составила 11 %, а уже в 2018 году – 19 %.

По мнению ученых СФУ [4, 5] изначально количество золошлаковых отходов может быть уменьшено за счет внедрения специальной системы подготовки твердого топлива перед сжиганием. Искусственное топливо, полученное с использованием эффектов гидродинамической кавитации, горит со значительно меньшим твердым недожогом, чем при традиционном способе сжигания, и твердых отходов образуется на 2-7% меньше.

Принимая во внимание опыт управления отходами в России и странах Евросоюза, существующие изменения в законодательстве, касающиеся отходов производства и потребления, очевидно, что для обращения с отходами необходимо создание в стране целой отходоперерабатывающей индустрии – сети специализированных предприятий с использованием эффективных и безопасных технологий переработки и утилизации их. Причем, предприятия вполне могут иметь разную форму собственности, в том числе принадлежать частным владельцам.

## Источники

1. Матюшенко А.И., Кулагина Т.А и др. Энциклопедия обращения с отходами / М.: Маджента, 2007. 472 с.

2. Гутенев В.В., Кулагина Т.А. и др. Экология техносферы. М.: Маджента, 2008. 468 с.

3. Хаглеев П.Е. Обоснование зимнего намыва дренированных шлакоотвалов тепловых электростанций : дис. … канд. техн. наук : 05.14.1 /. Красноярск, 2012. 173 с.

4. Баранова М.П., Кулагина Т.А., Лебедев С.В. Сжигание водоугольных суспензионных топлив из низкометаморфизированных углей // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2009. № 9. С. 24–26.

5. Кулагин В.В., Кулагина Т.А., Трошкин О.А. Гидродинамический кавитационный смеситель для биохимических исследований // Гидродинамика больших скоростей / межвузовский сборник. Красноярск, 1992. С. 144–147.

УДК 691:620.19

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО И ЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, СИСТЕМ И ПОДСИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Денис Федорович Карпов[1], Михаил Васильевич Павлов[2],
Александр Геннадьевич Гудков[3], Кирилл Викторович Писаренко[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «ВоГУ», г. Вологда
[1,2,3,4]karpov_denis_85@mail.ru

**Аннотация:** Прогрессивным направлением комплексной оценки качества функционирования объектов строительства, энергетики, транспорта, систем жизнеобеспечения является тепловой неразрушающий контроль. В свою очередь одним из эффективных методов теплового неразрушающего контроля выступает тепловизионная диагностика, отвечающая и соответствующая современным требованиям безопасности, комфорта, экологичности жилья и городской среды. В связи с чем, в работе представлены некоторые особенности методики выполнения тепловизионной съемки различных строительных объектов и инженерно-технических систем.

**Ключевые слова:** тепловой неразрушающий контроль, тепловизионный контроль, объект капитального строительства, объект завершенного строительства, система жизнеобеспечения, тепловизор.

# FEATURES OF TECHNOLOGY FOR THERMAL IMAGING MONITORING OF CAPITAL AND COMPLETED CONSTRUCTION OBJECTS, LIFE SUPPORT SYSTEMS AND SUBSYSTEMS

Denis Fedorovich Karpov, Mikhail Vasilevich Pavlov,
Alexander Gennadievich Gudkov, Kirill Viktorovich Pisarenko

**Annotation:** Thermal non-destructive testing is a progressive direction of comprehensive assessment of the quality of functioning of construction, energy, transport, and life support facilities. In turn, one of the most effective methods of thermal non-destructive testing is thermal imaging diagnostics that meets and meets modern requirements for safety, comfort, environmental friendliness of housing and the urban environment. In this connection, the paper presents some features of the method of performing thermal imaging of various construction objects and engineering systems.

**Key words:** thermal non-destructive testing, thermal imaging control, capital construction object, completed construction object, life support system, thermal imager.

Технология энергосбережения с помощью тепловизора и ее натурная апробация не являются новыми. Однако до сих пор они обладают актуальностью и практической ценностью потому что: отвечают требованиям Федерального закона от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…»;

соотносятся с «Энергетической стратегией России на период до 2035 года»; соответствуют стратегиям развития строительного и топливно-энергетического комплексов страны и отдельных субъектов Российской Федерации; соответствуют национальным проектам «Жилье и городская среда» и «Экология»; являются частью энергетического обследования.

Тепловизионные обследования играют первостепенную роль в решении вопросов тепловой защиты строительных объектов, под которой понимают комплекс мер, направленных на обеспечение заданного уровня расхода тепловой энергии (или теплопоступлений) зданием с учетом воздухообмена помещений.

Преимуществами тепловизионной съемки являются: точность и достоверность результатов; оперативность и многофункциональность; безопасность и дистанционность; широкие возможности программного обеспечения для качественной обработки термограмм [1–5].

Одной из возможностей тепловизионного обследования является идентификация следующих дефектов [2]: протечки кровли; брак теплоизоляции, конденсат, намокание утеплителя; брак монтажа оконных и наружных дверных проемом, потеря герметичности стеклопакетов; протечки труб; скрытые дефекты утепления под обшивкой; повреждение или брак укладки теплоизоляционной пленки; теплопроводные включения («мостики холода»); дефекты межвенцовых швов (дефекты конопатки); утечка теплого и приток холодного воздуха и некоторые др.

Тепловизионное обследование объектов контроля любого назначения подразумевает комплекс работ, требующих наличия квалифицированного специалиста или специалистов, а также соответствующего приборно-измерительного обеспечения. Исполнитель работ должен обладать навыками эксплуатации тепловизионного оборудования, знанием правил проведения тепловизионной съемки, умением выполнять обработку полученной информации. Итоговой частью тепловизионного обследования объекта контроля должен служить отчет о проделанной работе [3].

Основными положениями технологии проведения тепловизионной съемки являются следующие пункты: при подготовке к тепловизионной съемке должна быть изучена информация по объекту контроля; прогноз погодных условий на момент проведения тепловизионной съемки; тепловизионная съемка проводится при наличии установившегося перепада температур наружного воздуха и воздуха в помещениях; наружную тепловизионную съемку объекта контроля, как правило, проводят в отопительный сезон, так как при этом перепад температур будет максимально возможным; ввиду значительных габаритов строительного

объекта наружную тепловизионную съемку обычно производят по кадрам; масштаб термографирования объекта контроля зависит от размеров объектива прибора, а также от дистанции между объективом тепловизора и поверхностью здания; тепловизионную съемку не производят в дождь, туман, сильный снегопад, при наличии снега, измороси и влаги на контролируемых поверхностях; регистрируются температурные поля на обследуемых поверхностях [4].

К выполнению тепловизионной съемки допускается персонал специализированной организации старше 18 лет, имеющий высшее или среднее профессиональное образование. Организация должна иметь разрешение на проведение данных видов работ, а ее работник обязан предварительно пройти курс обучения, соответствующий профилю деятельности предприятия. Лица, не прошедшие обучение, проверку знаний, не имеющие соответствующего свидетельства, не допускаются к выполнению работ.

Термографирование может быть обзорным и детальным. Обзорное термографирование – термографирование наружных и/или внутренних поверхностей ограждающих конструкций с сохранением термограмм в памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях памяти и с обязательным составлением отчета о термографическом обследовании. Детальное термографирование – термографирование выделенных участков наружных и/или внутренних поверхностей ограждающих конструкций проводится с сохранением термограмм в памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях памяти и с обязательным составлением отчета о термографическом обследовании [5].

Выделим 4 основных этапа и некоторые особенности тепловизионного обследования: 1 этап – тепловизионная съемка в стационарном режиме: первичная съемка, создание базы опорных термограмм, выявление некоторых дефектов тепловой защиты; 2 этап – тепловизионная съемка при повышенном давлении: выявление скрытых утечек теплоты, контроль внутренних поверхностей ограждающих конструкций; 3 этап – тепловизионная съемка при повышенном давлении: выявление скрытых притоков холодного воздуха, контроль внешних поверхностей ограждающих конструкций; 4 этап – контроль влажности участков с температурными аномалиями: проверка наличия конденсата и текущего состояния материалов.

Основные этапы тепловизионной съемки объекта контроля включают (рис. 1): анализ проектной и исполнительной документации; общий осмотр объекта контроля, определение конструктивной схемы строительного

объекта; определение микроклимата помещений объекта контроля; подготовку и проведение тепловизионного обследования; формирование базы данных термограмм и фотографических снимков; обработку и расшифровку полученных результатов тепловизионного обследования (качественный анализ); выполнение теплотехнического расчета (количественный анализ); разработку и составление технического отчета установленного образца. Важно помнить, что контролируемый объект перед проведением измерений не должен подвергаться внешнему тепловому воздействию, включая прямые и отражённые солнечные лучи. Рекомендуемая «выдержка» перед тепловизионной съемкой – не менее 12 часов.


Комплексная схема тепловизионного контроля объектов капитального и завершенного строительства, систем и подсистем жизнеобеспечения

Температурные поля поверхностей объекта контроля получают на экране тепловизора и на экранах вспомогательных устройств в виде псевдоцветного или монохромного изображения изотермических поверхностей. Регистрацию термограмм проводят последовательно по намеченным участкам с покадровой записью тепловых изображений на карту памяти тепловизора с последующим их перемещением на

физическую память персонального компьютера. По окончанию тепловизионной съемки производят визуальный контроль поверхности объекта. При необходимости измеряют и определяют дополнительные параметры с целью проведения специальных расчетов количественных характеристик объекта контроля [5].

После проведения тепловизионной съемки обязательной является регистрация следующих показаний: температура и относительная влажность наружного воздуха; скорость наружного воздуха (ветра); наружная температура на поверхности исследуемого участка; температура внутренней поверхности исследуемого участка; температура и относительная влажность воздуха внутри здания; расстояние до исследуемой поверхности объекта; излучательная способность поверхности объекта; тепловой поток через исследуемый участок (если такие измерения должны быть проведены) [1, 5].

Тепловизионные обследования ограждающих конструкций, изоляции инженерного оборудования и трубопроводов проводятся по методикам, представленным в ГОСТ Р 54852-2011 «Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций» и СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» соответственно. Действующий национальный стандарт ГОСТ Р 56510-2015 «Метрологическое обеспечение в области неразрушающего контроля» применяется при неразрушающем контроле в процессе разработки, производства и испытаний изделий, производства и эксплуатации продукции, проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведении экспериментов и испытаний изделий, профилактики, диагностики [1–5].

В процессе как предварительного, так и детального (инструментального) обследования и технической диагностики строительных объектов и систем жизнеобеспечения могут быть выявлены технические дефекты ограждающих строительных конструкций (стен, перекрытий, покрытий) и признаки физического износа инженерно-технических систем (например, систем отопления и вентиляции, горячего и холодного водоснабжения).

Также важно помнить о правильности оформления отчетной документации, от которой напрямую зависит эффективность затрат на тепловизионное обследование, разработка последующих рекомендаций по устранению выявленных дефектов и их устранение.

Минимальный состав отчета о тепловизионном обследовании объекта контроля выглядит так: полный перечень данных по

используемому оборудованию (модель, серийный номер, дата метрологической поверки); подробное описание внешних погодных условий, зафиксированных на начало проведения измерений; термограммы и результаты расчётов; описание дополнительных измерений (если таковые производились).

Подводя итог, отметим, что кроме сферы строительства, энергетики, транспорта, тепловизионные обследования и различная тепловизионная техника нашли широкое практическое применение в таких отраслях промышленности и производства, как: металлургия, электроснабжение, теплоснабжение, электроника, медицина. Так, например, термометрия людей в дошкольных и образовательных учреждениях, на вокзалах и в аэропортах с помощью тепловизоров и пирометров уже стали повседневной нормой.

В зависимости от объекта контроля технологии проведения тепловизионной диагностики могут существенно отличаться.

## Источники

1. 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.

2. Карпов Д.Ф. Применение активного и пассивного теплового контроля в дефектоскопии строительных материалов и изделий, ограждающих конструкций зданий и сооружений // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. № 4. С. 39-44.

3. Карпов Д.Ф. Активный метод теплового контроля теплопроводности строительных материалов и изделий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. № 7. С. 57-62.

4. Карпов Д.Ф., Синицын А.А. Возможности комплексного контроля энерго-экологических характеристик строительных конструкций на исследовательском стенде. Вестник ДГТУ. Технические науки. 2019. Т. 46. № 1. С. 177-186.

5. Карпов Д.Ф. Алгоритм комплексной диагностики технического состояния строительных конструкций по анализу термограмм // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. № 2. С. 23-28.

УДК-620.9

# ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КРУПНОГО ГОРОДА

Алексей Олегович Степченко
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
leha_s_@mail.ru

**Аннотация:** Данная статья посвящена анализу проблем развития инженерно-энергетической инфраструктуры крупного города. Автор рассматривает целесообразность и необходимость разработки комплексной целевой программы для Санкт-Петербурга на современном этапе с целью развития инженерно-энергетической инфраструктуры города.

**Ключевые слова:** инженерно-энергетическая инфраструктура, региональное развитие, национальная экономика, городское хозяйство.

# PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND ENERGY INFRASTRUCTURE IN A LARGE CITY

Aleksey Olegovich Stepchenko

**Annotation:** This article is devoted to the analysis of the problems of the development of the engineering and energy infrastructure of a large city. The author examines the feasibility and necessity of developing a comprehensive target program for St. Petersburg at the present stage in order to develop the engineering and energy infrastructure of the city.

**Key words:** engineering and energy infrastructure, regional development, national economy, urban economy.

Тема инфраструктурного развития крупных городов России является очень актуальным вопросом современности, учитывая тот факт, что сейчас РФ идет по пути воплощения широкого спектра реформ, направленных на улучшение в первую очередь благосостояния населения нашей страны. Анализ инфраструктуры регионов РФ на современном этапе показал неравномерное состояние и определенные диспропорции ее развития (рис.1).

За последнее время в процессе планирования развития отдельных сфер городского хозяйства города Санкт-Петербурга серьезно увеличилось применение методов программно-целевой направленности. Техническое состояние большей части основного оборудования инженерно-энергетического комплекса города Санкт-Петербург близко к критическому. К концу 2010 года свой ресурс отработает генерирующее оборудование на ТЭЦ суммарной мощностью 704 МВт, а это 24% от существующей установленной мощности электростанций города Санкт-Петербург. Вместе с тем, содержание многих целевых программ,

совместно с их выполнением имеют некоторые недостатки. [1, с.98] Инженерные инфраструктуры г. С.-Петербург изображены на рис.2, 3, 4, 5.

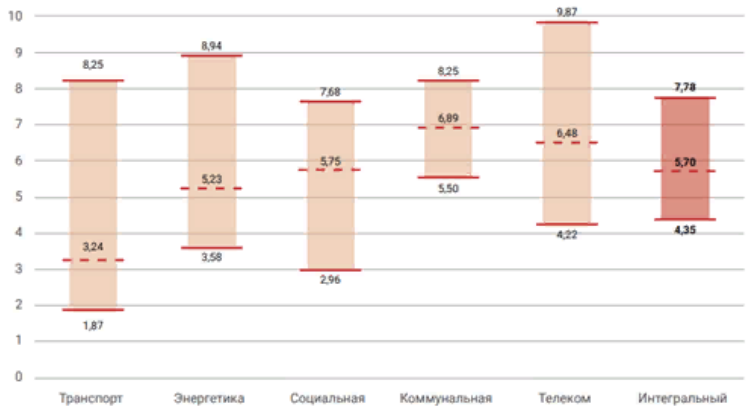



Рис. 1. Диапазоны отраслевых индексов и индекса развития инфраструктуры

Говоря о городе Санкт-Петербург, отметим, что развитие петербургских систем инженерного обеспечения связано напрямую с изменениями численности временного и постоянного населения, объемами культурно-бытового, жилищного и иных типов строительства, с промышленным развитием. Для максимально эффективного развития г. С. Петербург существует целесообразность и необходимость в разработке комплексной целевой программы, которая состоять должна из: программы по развитию водохозяйственного и энергетического комплексов; программы по развитию отдельно взятых инженерных систем. [2] Данные программы должны входить в данную целевую комплексную программу развития инженерной инфраструктуры города Санкт-Петербург как ее компоненты. Преобразования в данной сфере потребуют немалых капиталовложений, поэтому достаточно сложно говорить о конкретных перспективах в улучшении развития ИЭК. Но модернизация оборудования и внедрение новых технологий, а также изменение подходов к системе управления, позволят инженерно-энергетической инфраструктуре г.Санкт-Петербург выйти на совершенно новый уровень развития и стать одним из драйверов роста экономики в условиях изменения социально-экономического пространства.

Таким образом, для инженерной инфраструктуры С.Петербурга в целях ее взаимосвязанного пропорционального развития, роста эффективности вкладываемых финансов целесообразной будет разработка комплексной целевой программы, которая должна в себя включать мероприятия, что относятся к НИОКР, инвестиционно-

строительные проекты, а также мероприятия с организационным, экологическим характером.


Рис. 2. Инженерная инфраструктура города Санкт-Петербург


Рис. 3. Инфраструктура водохозяйственного комплекса города Санкт-Петербург


Рис. 4. Инфраструктура энергетического комплекса города Санкт-Петербург

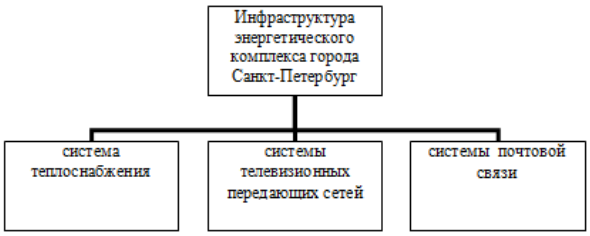



Рис. 5. Инфраструктура энергетического комплекса города Санкт-Петербург

## Источники

1. Колхас Р. Гигантизм, или Проблема Большого. Город-генерик. Мусорное пространство. М.: Арт Гид, 2015. 84 с.

2. Проблемы и перспективы развития энергетического комплекса Санкт-Петербурга обсудят на Экономического совете при Губернаторе Санкт-Петербурга // https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_econom/news/37797/

3. Веретенников Д.Б.. Архитектурное проектирование. Подземная урбанистика. Учебное пособие. М.: Инфра-М, Форум, 2015. 176 с.

УДК 621.92: 004.032

# ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Камиль Хабибович Гильфанов[1], Руслан Айварович Шакиров[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kamil.gilfanov@yandex.ru, [2]shakirov.aiv@yandex.ru

**Аннотация:** Представлены результаты интеллектуального моделирования теплогидравлических характеристик теплообменного оборудования. Разработана методика нейросетевого моделирования теплогидравлической эффективности при интенсификации теплообменной поверхности. Для каждого типа поверхностных интенсификаторов приведены графики разбросов результатов тестирования сети относительно действительных значений экспериментальной матрицы.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, интенсификация теплообмена, нейросетевое моделирование, теплоотдача, гидравлическое сопротивление.

# INTENSIFICATION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT BY INNOVATIVE METHODS OF INTELLIGENT MODELING

Kamil Khabibovich Gilfanov, Ruslan Aivarovich Shakirov

**Annotation:** The results of intelligent modeling of thermal-hydraulic characteristics of heat exchange equipment are presented. A technique for neural network modeling of thermal-hydraulic efficiency with intensification of the heat exchange surface has been developed. For each type of surface intensifiers, graphs of the scatter of the network testing results relative to the actual values of the experimental matrix are shown.

**Key words:** artificial intelligence, heat transfer intensification, neural network modeling, heat transfer, hydraulic resistance.

Повышение эффективности современных теплообменных устройств, напрямую связано с использованием пассивных методов интенсификации теплоотдачи. Физические принципы данного способа интенсификации, объясняющие возможность получения положительного эффекта, известны уже длительное время. Однако, количественные зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления в широком диапазоне изменения геометрических параметров вихрегенераторов и режимных характеристик, определены пока далеко не в полной мере [1].

Расчет и проектирование интенсифицированных теплообменников с оптимальными характеристиками затрудняется проблемой обобщения результатов исследований. Анализ литературных источников показывает, что обобщить характеристики поверхностных интенсификаторов теплообмена общепринятыми уравнениями сохранения не удается ввиду

сложности тепловых и гидромеханических процессов. Последнее обуславливается также многочисленностью конструктивных параметров интенсификаторов [2].

Определенный выход из ситуации предлагают системы искусственного интеллекта, способные к обучению или самообучению. Такими являются искусственные нейронные сети, на базе которых разработана методика интеллектуального моделирования теплогидравлических характеристик поверхностных интенсификаторов теплообмена.

В качестве обучающей выборки использован экспериментальный материал по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению поверхностей с различными типами интенсификаторов [1-5]. Обучение ИНС основано на методах многовариантных исчислений. Векторы обучающего множества предъявляются последовательно, вычисляются ошибки и веса подстраиваются для каждого вектора до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет приемлемо низкого уровня. Для задания начальных значений весовых коэффициентов используется статистическая настройка, предназначенная для того, чтобы на основе дополнительной информации о данных несколько улучшить алгоритм начальной инициализации.

Искусственная нейронная сеть реализована на базе высокоуровневого языка программирования Python, в алгоритм которого заложены вышеописанные принципы и методы. Полученные результаты нейросетевого моделирования представлены на рис. 1-4, где приведены графики разброса прогнозных значений ИНС для различных типов поверхностных интенсификаторов теплообмена, где точками обозначены прогнозные значения (результат работы ИНС), а сплошной линией реальные значения теплогидравлической эффективности.

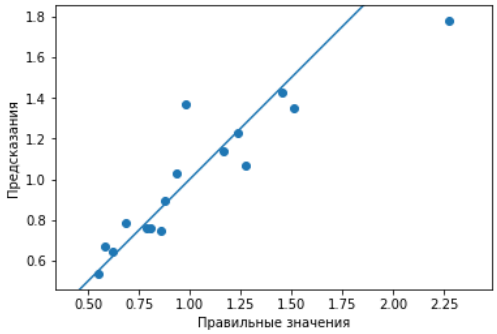



Рис. 1. Кольцевые выступы

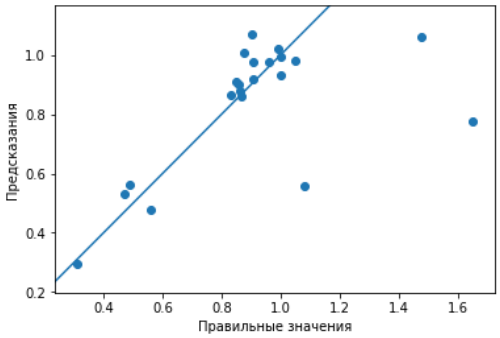



Рис. 2. Полусферические выступы

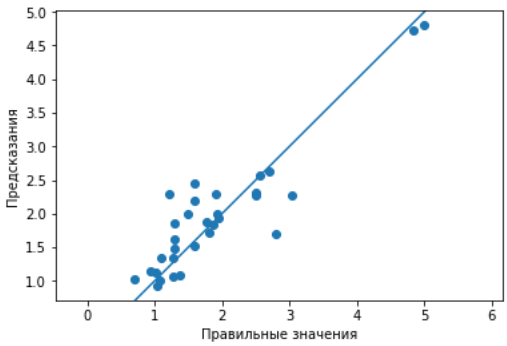



Рис. 3. Сферические выемки

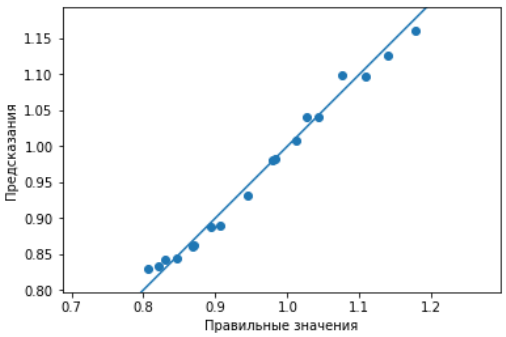



Рис. 4. Капельные углубления

Результаты нейросетевого моделирования показывают, что реальные значения тестовой матрицы практически совпадают с прогнозированными ИНС значениями. Тестирование нейросети показало погрешность моделирования от 0,9 % до 1,65%, что можно считать удовлетворительной, учитывая разброс в выборке данных, связанных с погрешностью базовых экспериментальных данных.

## Источники

1. Гортышов Ю. Ф., Попов И. А., Щелчков А. В. Теплогидравические характеристики тепообменных аппаратов с поверхностной интенсификацией тепообмена в виде сферических выемок и выступов. М.: МЭИ, 2008. 102 с.

2. Щелчков А.В. Физическое и численное моделирование интенсификации теплообмена поверхностными генераторами вихрей в трактах систем охлаждения: дис.…докт. техн. наук: 01.04.14. Казань., 2017. 306 с.

3. Исаев С.А. Численное моделирование интенсификации теплообмена в плоскопараллельном канале с цилиндрическим углублением на теплообменной поверхности // физика и теплофизика. 2016. №. 89. №5. С. 1186.

4. Гортышов Ю.Ф., Попов И.А., Олимпиев В.В., Щелчков А.В., Каськов С.И. Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования: монография. Казань., Центр инновационных технологий, 2009. 531 с.

5. Хайгермозер С., Скарано Ф., Онорато М. Исследование течения в круглой полости с использованием стерео-и томографической скоростометрии изображений частиц / Эксперименты в жидкостях. 2009. №. 46. № 3. С. 517-526.

## Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378:004

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ

Евгений Павлович Алемасов[1], Римма Солтановна Зарипова[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]zarim@rambler.ru

**Аннотация:** Данная статья посвящена рассмотрению способов внедрения информационных технологий в образование и пользы от интеграции информационных технологий в сферу образования.

**Ключевые слова:** информационные технологии, образование, цифровое образование, трансформация.

# MODERNIZATION OF EDUCATION THROUGH THE INTEGRATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE LEARNING PROCESS

Evgeny Pavlovich Alemasov, Rimma Soltanovna Zaripova

**Annotation:** This article is devoted to consideration of ways of introduction of information technologies in education and benefits from integration of information technologies in education.

**Keywords:** information technology, education, digital education, transformation.

Информационные технологии на сегодняшний день активно внедряются в образование во многих странах. Это обусловлено тем, что цифровые технологии открывают новые возможности в преподавании, позволяют повысить эффективность обучения, интеллектуальный уровень обучаемых, привить навыки самообразования, самоорганизации, облегчить решение практических задач[1].

Развитие современного общества на основе знаний и высокоэффективных технологий требует внесения корректив в педагогическую теорию и практику, активизации поиска новых моделей образования, направленных на повышение уровня квалификации и профессионального мастерства педагогов, удовлетворение потребностей общества в специалистах, способных к успешной адаптации и самореализации в условиях информационного общества.

Использование информационных технологий в образовании позволяет создать условия, в большей степени ориентированные на учащегося, ведь образование – это социально-ориентированная деятельность, и качественное образование традиционно ассоциируется с сильными преподавателями, имеющими высокий уровень личного контакта с учащимися. Образование – это непрерывный процесс, поэтому оно становится потребностью людей, которую они будут удовлетворять в любое время в любой точке мира.

Информационные технологии все чаще применяется в преподавании, обучении и оценке [2]. Они рассматриваются как мощный инструмент для изменения и реформирования образования. Надлежащее использование информационных технологий может повысить качество образования и связать обучение с реальными жизненными ситуациями, указывая на обучение как на самостоятельную деятельность на протяжении всей жизни, когда учащиеся меняют свои ожидания, стремясь получить знания, которые отходят от традиционных подходов.

В процессе обучения будущих инженеров активно применяются различные цифровые игры, виртуальные тренажеры, симуляторы [3-4]. С появлением огромного количества открытых образовательных ресурсов и разнообразных видеокурсов в сети Интернет обучающимся стало легче осваивать новый материал, учить иностранные языки, получать самообразование [5-6]. Учителя активно используют социальные сети для общения с обучающими и их родителями [7]. Таким образом идет активное внедрение информационных технологий в процесс образования.

С внедрением информационных технологий в образование у обучающихся стало развиваться творческое мышление, позволяя им создавать реальные жизненные связи, которые в противном случае были бы абстрактным творением ума. Теперь обучающийся представляет идею в презентации, используя анимацию, видео, графику или текст, что делает ее более привлекательной и увлекательной. Цифровые технологии позволяют удовлетворить дифференцированные потребности учащихся в обучении, помогая им учиться в своем собственном пространстве и комфортно чувствовать себя на своем месте. Включение технологий в образование устранило ограничения пространства и времени, обеспечивая доступность в любое время и в любом месте.

Таким образом, положительное влияние IT-технологий на образование огромно Цифровые образовательные технологии связаны с повышением эффективности образования и воспитания и направлены на конечный результат образовательного процесса – подготовку

специалистов, обладающих фундаментальными и прикладными знаниями, способных успешно осваивать новые профессиональные и управленческие направления и динамично реагировать на изменяющиеся социально-экономические условия.

**Источники**

1. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. №5. С. 44-47.

2. Зарипова Р.С., Халуева В.В. Анализ функционирования системы оценки знаний обучающихся // Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. №5. С. 31-35.

3. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Цифровые игры как способ обучения / Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С.126-129.

4. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Обучение компьютерному моделированию с использованием интерактивных сред // International Journal of Advanced Studies in Education and Sociology. 2019. № 1. С. 56-59.

5. Галиуллина Э.Р., Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Организационный аспект открытых образовательных ресурсов // Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. № 11. С. 6-11.

6. Ширмамедова З.Н., Зарипова Р.С. Роль открытых электронных образовательных ресурсов в современном информационно-образовательном пространстве // Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С.536-539.

7. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Преимущества и недостатки использования социальных сетей в процессе обучения // Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. № 7. С. 21-25.

УДК 377.13

# ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРЕС И НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ

Татьяна Викторовна Лопухова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
lopuhovatv@mail.ru

**Аннотация:** Показана связь между формированием элементов научного познания у студентов технических вузов и познавательным интересом как качеством личности. Представлены результаты изучения динамики формирования познавательного интереса студентов и названы условия его формирования.

**Ключевые слова:** познавательный интерес, опыт научного познания, динамика формирования интереса.

# COGNITIVE INTEREST AND SCIENTIFIC KNOWLEDGE

Tatyana Viktorovna Lopukhova

**Abstract:** the connection between the formation of elements of scientific knowledge among students of technical universities and cognitive interest as a quality of personality is Shown. The results of studying the dynamics of formation of students ' cognitive interest are presented and the conditions for its formation are named.

**Keyword:** cognitive interest, experience of scientific knowledge, dynamics of interest formation.

Значение и необходимость развития науки для общества, государства становится в настоящее время понятным для все более широкого круга наших граждан, для руководителей отраслей промышленности и страны. Развитие науки возможно при условии подготовки специалистов в разных отраслях человеческой деятельности, обладающих способностью к научному познанию. Успешная инженерная деятельность невозможна без мотивации к научному познанию. Технические достижения основываются на научных знаниях.Формирование элементов научного познания у студента технического вуза – это актуальная педагогическая задача.

В настоящее время некоторые исследователи рассматривают системус образования как «продуктивно рефлексирующий социокультурный институт, ориентированный на реалии современного социума, перспективы развития цивилизации» (Л.Г. Пак, Ю.А. Чехонадская) [1]. С этим всеобъемлющим взглядом трудно не согласиться, однако, необходимо определить особенности социума в нашей стране в настоящее время и направление перспектив развития.

Чехонадская Ю.А. полагает, что «подготовка к профессиональной деятельности студента должна быть тесно связана с опытом научного познания, который для данной ступени профессионального образования

может быть сформирован при реализации информационного, деятельностного и личностно-ориентированного подходов» [2]. Шадриков В.Д обращает внимание на «необходимость формирования личностного смысла осваиваемых знаний и особенности освоения научных знаний как развивающейся системы» [3].

Наука - это развивающая система знаний, в которых нуждается общество, в то же время наука является социальным институтом, выполняет функцию непосредственной производительной силы социума и выступает в роли отдельного феномена культуры. Научная деятельность продуцирует не только новые технологии, создает материалы, оборудование и инструменты, но, будучи частью духовного производства, позволяет людям, творчески самореализоваться, объективировать идеи и гипотезы, обогащая, тем самым, культуру[4].

Направленность личности включает в себя влечения, желания, интересы, склонности, идеалы, мировоззрение, убеждения. Призвание к определенной деятельности – это качество личности, в структуру которого способности к данной деятельности входят обязательно. Личность, развиваясь, обнаруживает не только способности к той или иной деятельности, но и способность к творчеству в этой деятельности. Эта творческая способность, характерная для научного познания, определяет стремление человека к новым и более сложным целям[5].

Анализ опыта подготовки бакалавров и магистров образовательного направления «Электроэнергетика и электротехника» на кафедре «Электрические станции имени В.К. Шибанова» в Казанском государственном энергетическом университете (КГЭУ) показывает, что формирование у студентов элементов научного познания возможно на базе устойчивого познавательного интереса.

Изучение дидактических условий формирования познавательного интереса учеными нашего вуза особенно активно осуществлялось во второй половине 80-х и начале 90-х годов прошлого века под руководством проректора по учебной работе, профессора Вадима Николаевича Леонтьевского. Исследование проводилось на базе 6 технических вузов: Казанского филиала МЭИ (теперь КГЭУ) – 189 студентов, Куйбышевский политехнический институт (теперь Самарский государственный технический университет – СамГТУ) –23 студента, Московский энергетический институт (НИУ МЭИ) – 38 студентов, Нижнекамский филиал Казанского химико-технологического института (Нижнекамский химико-технологический институт) – 31 студент, Ленинградский политехнический институт (СПбГПУ) – 19 студентов,

Казанский инженерно-строительный институт (КГАСУ) - 38 студентов. Всего в исследовании принял участие 338 студентов. Каждый студент получал анкету с вопросами и график, на котором он строил диаграмму по уровням интереса к обучению с интервалом в 1 семестр. За наибольший уровень интереса принималось число 1. (рис.1). В основу исследования были положены работы по изучению динамики психических процессов доктора педагогических наук, профессора кафедры педагогики и психологии Казанского государственного университета (КФУ) Пейсахова Н.М.

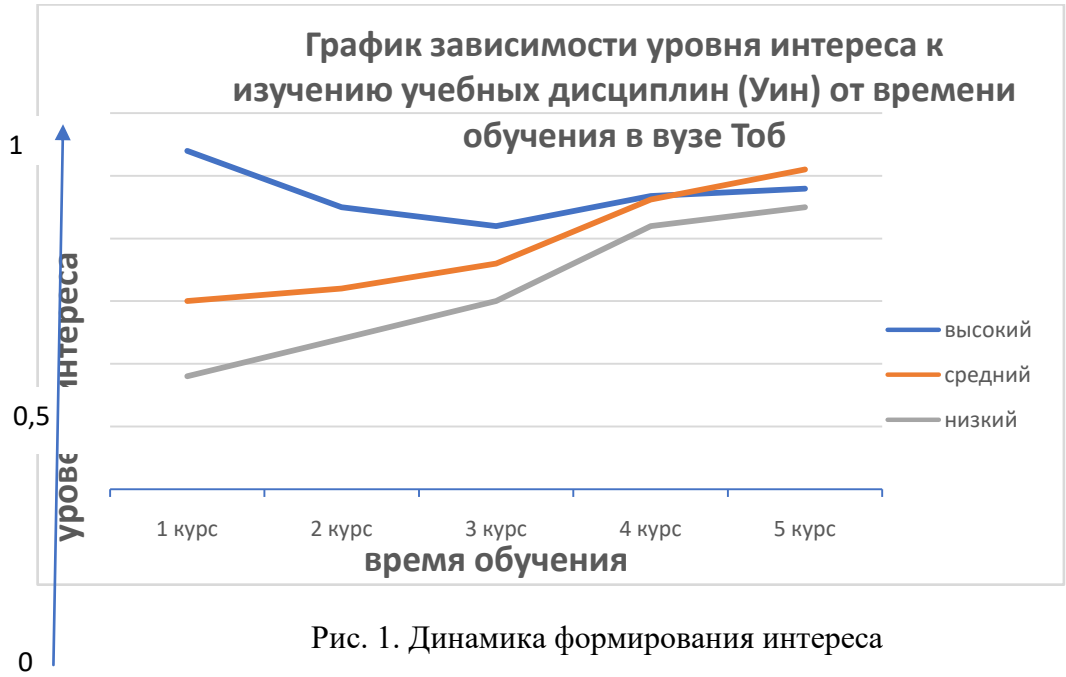



Рис. 1. Динамика формирования интереса

Сравнение динамики формирования интереса двух групп студентов с изначально невысоким уровнем интереса специальности «Электрические станции» КФМЭИ (18 ст-в) и Куйбышевского ПИ (13ст-в) показало, что у студентов из КПИ уровень интереса возрос в среднем от 0,38 до 0, и повышался равномерно, у студентов из КФМЭИ уровень интереса возрос от 0,3 до 0,9, однако, в конце первого и в начале второго курса уровень интереса снизился до 0, 23 (рис. 2). Сравнительный анализ учебных планов этих вузов показал, что снижение интереса у студентов КФМЭИ вызвано отсутствием во втором и третьем семестрах обучения дисциплин, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Сами студенты объясняли снижение интереса во втором, третьем и иногда в четвертом семестрах отсутствием связи учебных дисциплин с будущей профессией, малым элементом творчества в обучении, неинтересных методах преподавания на первом и втором курсах

Изменение учебных планов на теплоэнергетическом факультете КФМЭИ показало в дальнейшем более равномерное возрастание интереса,

что привело, в конечном итоге к повышению уровня интереса у студентов, изначально мало заинтересованных в изучении дисциплин, до высоких значений 0, 95-0, 98.

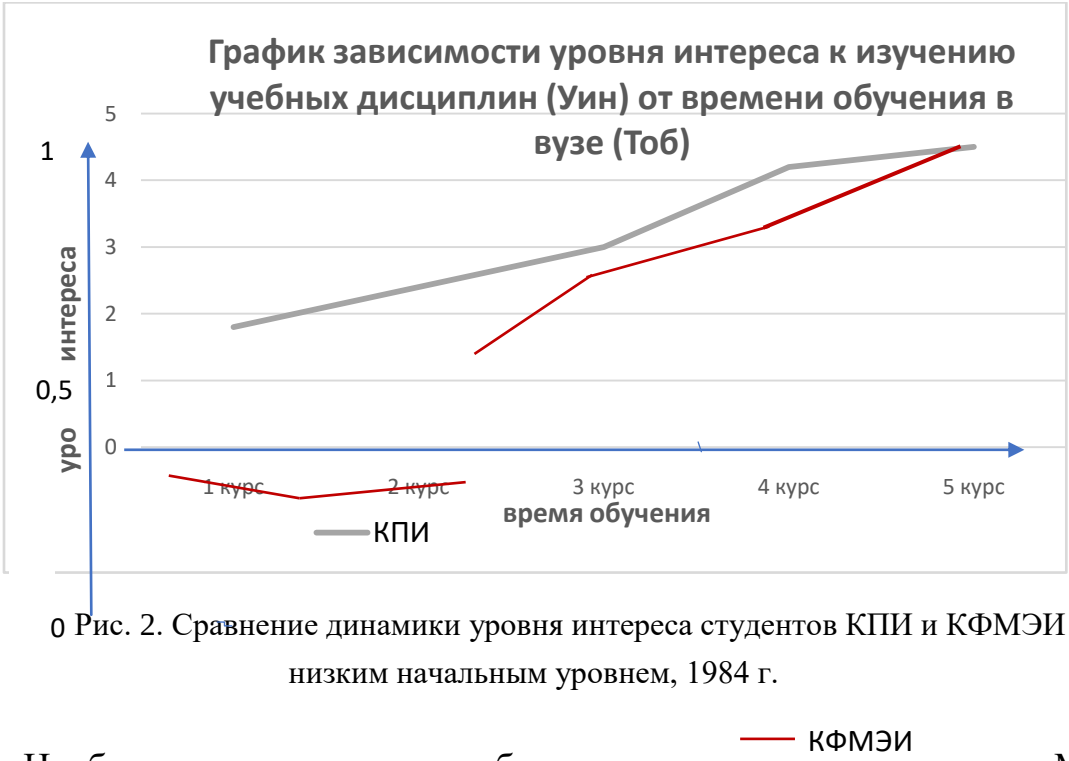



Рис. 2. Сравнение динамики уровня интереса студентов КПИ и КФМЭИ с низким начальным уровнем, 1984 г.

Наиболее интересным способом получения знаний студенты МЭИ (около 50% опрошенных в 1984 году) назвали экспериментальные исследования, проектно-расчетные работы (42%), студенты ТЭФа КФ МЭИ соответственно 42% и 24%. Студенты НКФ КХТИ поставили экспериментальные исследования также на первое место (32%), а проектно-расчетные работы - на второе (16%). Первое место среди видов познавательной деятельности у студентов КИСИ в 1984 разделили оба вышеназванных (47% опрошенных).

Изучение динамики формирования познавательного интереса в процессе обучения в техническом вузе выявило следующие закономерности.

1. Формирование интереса к изучению вузовских дисциплин зависит от уровня познавательного интереса студентов при поступлении в вуз. У студентов с высоким уровнем познавательного интереса (0,9 – 1) к окончанию вуза (конец 5 курса) уровень интереса снижался в среднем до 0,8. Средний уровень познавательного интереса у студентов в процессе обучения (0,5) повышался до 0, 85 – 0,95. У студентов с низким уровнем интереса (0,15-0,25) интерес к познанию учебных дисциплин возрос до 0,8 – 0,9.

2. Наибольший интерес у студентов вызывали дисциплины, связанные с будущей профессией (55%), производственными ситуациями, внедрением нового оборудования (32%), физическая сущность изучаемых явлений (39%).

3. Повышает интерес к обучению хорошее качество учебной и методической литературы, современное оборудование лабораторий, кабинетов.

4. В содержании учебных дисциплин студентов интересовали связь материала дисциплины с ранее усвоенными знаниями, новизна знаний.

5. Различный интерес к способам познавательной деятельности в разных вузах, скорее всего, зависел в 1984 году от уровня подготовки преподавательского состава и оснащенности лабораторий.

Результаты проведенных исследований неоднократно докладывались на научных конференциях и подтверждались педагогами из других вузов.

В дальнейшем исследования формирования познавательного интереса и интереса к научному познанию продолжались. Разрабатывались монографические характеристики динамики интереса отдельных студентов, проводилось отсроченное анкетирование выпускников специальности «Электрические станции» с опытом работы до 10 лет, анкетирование преподавателей различных вузов. Изучается процесс формирования элементов научного познания у магистрантов.

В изменившихся за последние десятилетия условиях социума в нашей стране, и высшей школы в том числе, многое изменилось и в формировании у студентов интереса к обучению и познавательного интереса в целом. Однако, динамика формирования познавательного интереса как феномена человеческой личности подчиняется тем же закономерностям, что и ранее, а для успешного формирования этого феномена необходимы следующие условия.

1.Техническое и дидактическое обеспечение активной познавательной деятельности студентов.

2.Высокий научный и методический уровень преподавания и грамотная организация учебного процесса.

3.Общественно-практическая значимость получаемых компетенций.

4.Соответствие сложности содержания обучения и уровня подготовленности студентов.

5.Активная мыслительная деятельность студентов – проблемное обучение, самостоятельная и четко контролируемая учебная работа, научно-исследовательские содержание и работа в процессе обучения.

6.Положительное отношение студентов к предмету и процессу обучения.

**Источники**

1. ПакЛ.Г., ЧехонадскаяЮ.А..Потенциал высшего образования в формировании опыта научного познания студента. (htth://www.albest.ru/)

2. ЧехонадскаяЮ.А. Научные подходы к моделированию процесса формирования опыта научного познания студента. / «Преподаватель XXIвек», № 1-1, 2014, С. 119-124.

3. Шадриков В.Д. Образ мира и содержание образования. / «Мир психологии», № 2 (90), 2017, С.44-53.

4. Новаяфилософская энциклопедия. В 4-х т. - М., 2001. Ст.: «Метод», «Наука», «Интуиция», «Эмпирическое и теоретическое», «Познание».

5. Платонов К.К. Структура и развитие личности. М.: Наука, 1986.

УДК 377

# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Светлана Фиаловна Малацион[1], Светлана Мунавировна Куценко
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
[1]sveta_malacion@mail.ru, [2]s.koutsenko@mail.ru

**Аннотация:** Проблема качества высшего образования не теряет своей актуальности. Необходимо менять подходы к преподаванию и контролю знаний обучающихся, а также к оценке качества образования обучающихся в свете внедрения новых образовательных и профессиональных стандартов.

**Ключевые слова:** оценка качества образования, контроль знаний, сформированность компетенций.

# ASSESSMENT OF THE QUALITY OF EDUCATION OF STUDENTS

Svetlana Malatsion Fialovna, Svetlana Munavirovna Kutsenko

**Annotation:** The problem of the quality of higher education does not lose its relevance. It is necessary to change the approaches to teaching and monitoring the knowledge of students, as well as to assessing the quality of education of students in the light of the introduction of new educational and professional standards.

**Keywords:** assessment of the quality of education, control of knowledge, formation of competencies.

Проблема оценки качества образования обучающихся является весьма актуальной, т.к. относится к одному из аспектов образовательной деятельности, наиболее влияющих на качество образования.

Качество подготовки выпускников должно основываться на диверсификации образовательных программ, преодолении разрыва, существующего между средним и высшим образованием, повышении роли профессиональной ориентации молодежи[1].

В соответствии с этим, необходимо менять подходы к преподаванию, а также к оценке качества образования обучающихся.Результаты оценки качества образования должны быть объективными, стабильными, доступными для обучающихся.

Неотъемлемой частью обучения является контроль. В зависимости от функций, которые выполняет контроль в учебном процессе, можно выделить три основных его вида: диагностический, текущий, итоговый.

Первым этапом в системе контроля является диагностическое тестирование. Назначение диагностического тестирования состоит в установлении индивидуального уровня каждого студента.

Вторым этапом является текущая проверка знаний в процессе усвоения каждой изучаемой темы, повторение изученного раннее материала, целого раздела или значительной темы курса. Важнейшей функцией текущего контроля является функция обратной связи. Обратная связь должна нести сведения не только о правильности или неправильности конечного результата, но и давать возможность осуществлять контроль за ходом процесса, следить за действиями обучаемого[2].

Текущий контроль необходим для выявления динамики формирования необходимых компетенций в ходе освоения дисциплины, сопоставления реально достигнутых на отдельных этапах результатов. Кроме диагностической функции текущий контроль способствует повышению общей продуктивности учебного труда и своевременному определению уровня усвоения материала обучающимися.

Заключительным этапом является итоговая проверка знаний, умений и навыков студентов, приобретенных ими на всех этапах дидактического процесса. Итоговый учет успеваемости проводится в конце каждого семестра во время зачетно-экзаменационной сессии. Именно на этом этапе систематизируется и обобщается учебный материал. В качестве оценочного средства может быть применено тестирование [3].

Главное требование к итоговым тестовым заданиям – они должны соответствовать уровню национального стандарта образования и отражать освоение необходимых компетенций.

Численным эквивалентом уровня знаний обучающихся является оценка. Можно выделить следующие виды оценок:

- диагностическая оценка определяет способность и готовность к освоению образовательных программ, а также выявляет возможные проблемы в обучении (тесты, интервью);

- формирующая оценка изучает элементы обратной связи как части образовательного процесса (задания, рефераты, рабочие тетради, семинары);

- итоговая оценка выявляет достижения и недостатки в отношении результатов учебного процесса (устные, письменные экзамены, зачеты, проекты).

Вышеперечисленные виды оценок должны отражать высокий уровень сформированности компетенций реализуемых образовательных программ.

В связи с этим, на первый план выходят проблемы качества фонда оценочных средств, применяемых как при текущем, так и при итоговом

контроле. Здесь преподаватели сталкиваются с наибольшими трудностями, так как новые образовательные стандарты предполагают не только компетентностный подход оценки качества подготовки выпускников вуза, но и соответствия их квалификации федеральным государственным образовательным стандартам.

Остро стоит вопрос о критериях оценки качества образования выпускников вузов при проведении итоговой государственной аттестации. Оценка должна быть интегральной и независимой, включать в себя актуальность темы выпускной работы, согласованной с работодателями, внедрение результатов исследования в производство или использование их в вузовских методических разработках, участие в период обучения в выполнении хоздоговорных тем, участие в конференциях различного уровня, наличие публикаций в научных журналах. Данная интегральная оценка может лечь в основу его рейтинга при участии в конкурсе на замещение вакантных должностей в престижных компаниях.

Проблема оценки качества образования обучающихся остается весьма значимой и открытой для педагогического сообщества и требует осмысления.

## Источники

1. Данильченко С.Л. Комплексная система оценки качества образования как совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов // Международный журнал экспериментального образования. 2017. № 3-2. С. 179-184;URL: http://expeducation.ru/ru/article/view?id=11281 (дата обращения: 29.10.2020).

2. Попова А.И. Технология рейтингового контроля в процессе дистанционного обучения/ А.И. Попова// Информационные технологии в образовании, науке и производстве. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Серпухов, 2010. С.383-385.

3. Куценко С.М., Малацион С.Ф. Педагогическое тестирование как инструмент оценки качества обучения. Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. V Национальной науч.-практ. конф. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, в 2 т./ 2019. Т.1. С. 364-366.

УДК 621-313.3

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Айдан Вильданович Миннибаев[1], Виктор Владимирович Максимов[2]

[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]mvaydan@gmail.com

**Аннотация:** В тезисе рассмотрены три аспекта современного инженерного образования России их важность и влияние на формирование инженера как современного специалиста. Образование - фактор, влияющий на развитие общества, определяющий тенденции его изменений. В образовании всегда есть «образец» специалиста, которого эта образовательная структура стремится реализовать. В постиндустриальном обществе все сферы общественной жизни развиваются за счет постоянных инноваций, формируют новые социальные потребности и создают условия для их реализации, а не довольствуются только уже установленным использованием.

**Ключевые слова:** образование, инженерное образование, инженер, профессионал, современный, социальный.

# ACTUAL ISSUES IN ENGINEERING EDUCATION

Aidan Vildanovich Minnibaev, Victor Vladimirovich Maksimov

**Annotation:** The thesis examines three aspects of modern engineering education in Russia, their importance and impact on the formation of an engineer as a modern specialist. Education is a factor influencing the development of society, determining the tendencies of its changes. In education there is always a “sample” of a specialist whom this educational structure seeks to implement. In a post-industrial society, all spheres of social life develop through constant innovations, form new social needs and create conditions for their implementation, and are not content with only the already established use.

**Key words:** education, engineering education, engineer, professional, modern, social.

Экологическая и социальная инженерия – это пропорциональность элементов стоимости продукции, критериев оценки и экономической эффективности инженерии, факторов, определяющих популярность продукции среди потребителей. В нашей системе образования необходимо внедрять инженерные и этические вопросы, обсуждая следующие вопросы:

1) ответственность инженера по технике безопасности за характер и функционирование технических устройств, созданных человеком;

2) Иметь этически ответственную позицию инженера по профессии;

3) Информирование общественности об опасных технологических разработках.

Образование в постиндустриальном мире становится частью инновационного проекта, служащего для создания «идеального специалиста» и внедрения общественного сознания важности и необходимости перевода определенного типа знаний. Профессиональная

компетентность трансформируется в набор социально значимых интегративных качеств личности, позволяющих специалисту быстро и эффективно реагировать на изменяющиеся условия социальной среды, формировать качества, необходимые для решения профессиональной задачи, уделяя особое внимание общественной безопасности, экономической эффективности и культурное развитие.

Выделим качества современного высококвалифицированного специалиста, в формировании которого решающую роль должна играть система образования. Во-первых, сосредоточьтесь на социальной защите любого профессионального проекта. Это подразумевает понимание специалистами функционирования современного общества, его тенденций, многовариантности и способов его развития. Критично это для инженеров по качеству, которые создают технические устройства, способные изменить внешний вид окружающего мира. Грамотный инженер решает задачу не только эффективности проекта, но и социальной эффективности: насколько проект удовлетворяет потребности клиентов с существующими экологическими, природоохранными, маркетинговыми ограничениями, существуют минимальные риски и другие нежелательные социальные последствия. Вторая важная черта современного грамотного специалиста - это умение предвидеть перспективы и возможные направления развития своего профессионального поля. Только при таких условиях возможна успешная карьера в информационном обществе. Способность к прогнозированию предполагает понимание закономерностей общественного развития, функционирования современной цивилизации, перспектив социокультурной динамики, что достигается путем изучения социогуманитарной дисциплины. Третья важная характеристика грамотного специалиста - это не просто хорошее знание теории и технологий своей профессии, а умение применять их для решения той или иной задачи, практическая направленность навыков и знаний, готовность использовать их для удовлетворения потребностей общества в целом. Задача современного машиностроения - не только создание технического устройства, механизмов. Его цель - обеспечить их нормальное функционирование в обществе (не только в техническом смысле), простоту обслуживания, бережное отношение к окружающей среде, наконец, положительное эстетическое воздействие. Необходимо организовать социальные условия внедрения и работы механизма с максимальным комфортом и пользой для человека. Качество подготовки специалистов в этих условиях будет определяться не объемом теоретических знаний, усвоенных за годы обучения, а способностями

решения проблем, умение применять свои знания для удовлетворения своих потребностей, готовность и желание оказывать профессиональные услуги. Это говорит о появлении специфических черт личности, нового понимания профессиональной состоятельности, способности решать проблемы потребителя наиболее эффективным и социально обоснованным образом.

Важнейшей задачей высшего образования является формирование экологической культуры личности, то есть принципов взаимодействия с окружающей средой. Способность прогнозировать экологические последствия своей деятельности является неотъемлемой частью профессиональной компетенции специалиста в области техносферы. Любой технический проект может быть реализован только после экологической экспертизы, которая предусматривает анализ всех возможных последствий внедренных решений. Экологическое обоснование - условие социальной защищенности и эффективности любого технологического решения.

Современный специалист, разрабатывающий стратегии экономического и социального развития, должен очень четко дать понять, что в высокотехнологичном обществе удовлетворение потребностей человека больше не является самоцелью, оправдывающей любой путь цивилизации, а стратегически жизненно важным принципом оправдывается самоограничение принцип человечности во имя сохранения жизни на Земле.

**Источники**

1. Пиралова О.Ф. Теоретические основы оптимизации обучения профессиональным дисциплинам в условиях современного технического вуза: монография М.: Издательский дом «Академия Естествознания», 2011. 195 с.

2. Пиралова О.Ф. Оптимизация обучения профессиональным дисциплинам студентов инженерных вузов в условиях компетентностного подхода. Возможности реализации: монография. М.: Издательский дом «Академия Естествознания», 2012. 136 с.

3. Симоньянц Р.П. Проблемы инженерного образования и их решение с участием промышленности // Наука и образование. 2014. №1.

УДК 378:004

# БУДУЩЕЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ

Ольга Александровна Пырнова[1], Римма Солтановна Зарипова[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]zarim@rambler.ru

**Аннотация:** В данной статье рассматривается будущее технологий виртуальной реальности в сфере образования, их польза и влияние на обучающихся.
**Ключевые слова:** виртуальная реальность, образование, VR-технология.

# THE FUTURE OF VIRTUAL REALITY IN EDUCATION

Olga Alexandrovna Pyrnova, Rimma Soltanovna Zaripova

**Annotation:** This article discusses the future of virtual reality technologies in education, their usefulness and impact on learners.
**Keywords:** virtual reality, education, VR-technology.

Виртуальная реальность – это новшество, которое позволяет человеку погрузится в совершенно новые миры, которые недоступны ему по различным причинам. В настоящее время развивается множество применений для виртуальной реальности не только в сфере игр и развлечений, но и в других видах деятельности человека [1].

В ближайшие несколько лет учащиеся ВУЗов по всему миру получат часть своего образования в виртуальных учебных средах. Надев *VR*-очки, студенты смогут входить в трехмерные моделируемые места и ситуации, к которым они обычно не имеют доступа, потому что это будет слишком дорого, слишком опасно или физически невозможно [2]. Используя виртуальную реальность, студенты могут узнать о клетках человеческого организма, «путешествуя» в кровоток, или «исследовать» степень пластического загрязнения в океанах. Они также могут проводить сложные эксперименты, используя дорогое лабораторное оборудование и опасные химические вещества, просто надев очки *VR*, которые сразу предлагают очень реалистичные и живые впечатления [3].

Согласно прогнозам, стоимость *VR*-технологий будет настолько снижена в течение следующих 2-3 лет, что до 2025 года она будет включена в повседневное обучение в классе примерно для 15 миллионов учащихся в разных странах.

Виртуальное обучение, в котором студенты обучают определенным навыкам с помощью симуляций, может быть более эффективным, чем обычное обучение в классе или обучение с помощью

компьютеров, и что оно мотивирует и привлекает студентов больше и повышает их самоэффективность. Однако, чтобы избежать бездумных инвестиций в *VR*-технологии, необходимо получить больше информации о преимуществах обучения с помощью *VR*-симуляций.

Уже на протяжении шести лет проводятся исследования в отношении технологий виртуальной реальности в сфере обучения [4]. Было выявлено, что *VR*-обучение в определенных ситуациях более привлекательно и может привести к лучшим результатам обучения по сравнению с традиционными методами. Кроме того, последние исследования показывают, что обучение девочек и мальчиков сильно различается в зависимости от формы и внешнего вида виртуального учителя, так называемого педагогического агента. Это дает прекрасную возможность сделать обучение более привлекательным для студентов. Это важно, так как интерес детей к школе уменьшается в средней школе, и существует желание повысить интерес учащихся. Например, концентрация парней на задаче возрастают, когда их виртуальный учитель – нетрадиционная фигура обучения, такая как робот или дрон, в то время как для девушек наиболее привлекательны молодые учителя.

Нельзя отрицать тот факт, что у будущего образования, основанного на виртуальной реальности очень большие возможности. Влияние виртуальной реальности в образовании будет расти, делая учебный процесс эффективным и увлекательным занятием.

## Источники

1. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Особенности и тенденции развития современного инженерного образования // Современные исследования социальных проблем. 2018. Т.9. №8-2. С.43-46.

2. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. №5. С. 44-47.

3. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Проблемы кибербезопасности для виртуальной образовательной среды // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 129-131.

4. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной реальности / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 81-83.

УДК 378:004

# ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Пырнова Ольга Александровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]zarim@rambler.ru

**Аннотация:** Данная статья посвящена применению искусственного интеллекта в образовательной среде. Рассматриваются новейшие технологии, которые уже играют огромную роль как для преподавателей, так и для обучающихся. Также затрагивается тема будущего искусственного интеллекта в образовании.

**Ключевые слова:** информационные технологии, искусственный интеллект, образование, информация, трансформация.

# PROSPECTS FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

Olga Alexandrovna Pyrnova, Rimma Soltanovna Zaripova

**Annotation:** This article is devoted to the use of artificial intelligence in the educational environment. The latest technologies are considered, which already play a huge role for both teachers and students. Also, the topic of the future of artificial intelligence in education is discussed.

**Keywords:** information technology, artificial intelligence, education, transformation.

Традиционная система образования далека от современных технологий, а потребность в них обучающихся и профессионалов высока. По мере развития информационных технологий вмешательство искусственного интеллекта в процесс обучения может стать более активным. Но сможет ли искусственный интеллект полностью заменить учителя-человека?

В настоящее время существует много программ искусственного интеллекта, помогающие в образовании, благодаря которым студенты, школьники и учителя получают огромную пользу. Огромным преимуществом является то, что образовательная платформа адаптируется в соответствии с потребностями студентов [1]. Система разработки программного обеспечения искусственного интеллекта помогает ученым работать над своими слабостями. В ходе процесса программа обнаруживает, где у ученика возникают трудности, и отправляет необходимые материалы для улучшения навыков. Адаптивное обучение использует базовый алгоритм искусственного интеллекта[2]. Кроме того, образование в любое удобное время несомненно является огромным

плюсом для обучающегося. Сейчас уже известны такие программы, основанные на искусственном интеллекте. Рассмотрим их.

Автоматическая оценка – это специализированная компьютерная программа, основанная на искусственном интеллекте, которая имитирует поведение учителя, проставляющего оценки за эссе, написанные в образовательной среде. Она может оценивать знания студентов, анализировать их ответы, давать обратную связь и составлять индивидуальные планы обучения.

Промежуточный интервал обучения – программа, перепроверяющая те знания, которые обучающиеся возможно уже забыли. Суть его заключается в том, что искусственный интеллект отслеживает, что и когда студенты изучили. Благодаря этому оно способно выяснить ту информацию, что скорее всего студенты могли забыть и рекомендовать повторить ее.

Обратная связь для учителей. Для этого используются чат боты с искусственным интеллектом. Они способны собирать мнения через диалоговый интерфейс, как настоящий интервьюер.

Виртуальные помощники. На данный момент уже существуют помощники для преподавателей, которые способны отвечать точно и быстро на запросы студентов, благодаря встроенным в них компьютерам с искусственным интеллектом.

Чат Кампус – проект, способный помогать студентам, только что пришедшим в кампус освоиться. Чат Кампус всегда объяснит, как попасть в нужный кабинет, расскажет, как и куда подавать нужные документы.

Персонализированное обучение – это обучение, относящееся к разнообразным образовательным программам, в которых темп обучения и учебный подход оптимизированы для потребностей каждого учащегося. Опыт учитывает предпочтения в обучении и конкретные интересы разных учащихся[3]. Искусственный интеллект сможет подобрать нужный темп для учащихся для лучшего освоения программы.

Адаптивное обучение – обучение, предполагающее, что искусственный интеллект способен отслеживать прогресс каждого обучающегося, корректировать курс и информировать преподавателя о материале, который конкретному обучающемуся трудно понять.

Прокторинг – система, позволяющая следить за тестированием или экзаменом в онлайн-режиме. Дистанционное обучение обычно предполагает проведение дистанционных экзаменов. Однако необходимо проследить, чтобы студент написал данный ему экзамен самостоятельно. Для этого на помощь приходят системы защиты на базе искусственного

интеллекта. Прокторинг дает возможность подтвердить личность тестируемого, а также наблюдать за его поведением и происходящим на его экране компьютера, чтобы убедиться, что он не списывает, не прибегает к помощи других людей, не ищет ответы в интернете.

Накопление данных и персонализация. Уже сейчас искусственный интеллект способен предлагать ближайшие кафе по интересам в зависимости от геолокации человека. Та же технология может быть применена и в обучении. Она основана на примерах только из той сферы, которая интересует пользователя.

Прогресс в области искусственного интеллекта и машинного обучения впечатляет, но это далеко не предел возможностей [4]. Существует огромное количество хороших идей, которые искусственный интеллект может реализовать. В целом, искусственный интеллект может значительно улучшить системы образования за счет его способности оптимизировать многие части работы учителя и автоматизировать другие части, в конечном итоге давая им все больше и больше времени, чтобы тратить его на своих учеников[5]. Несмотря на все достоинства искусственного интеллекта, роль учителя как человека, который оказывается эмоциональное и психологическое влияние на ученика и помогает ему полюбить свой предмет, незаменима и неоценима.

**Источники**

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Искусственный интеллект – основа образования будущего // Инновационное развитие экономики. Будущее России: материалы и доклады VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2019. С. 415-417.

2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции. 2019. С. 335-337.

3. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции. 2019. С. 399-401.

4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы развития искусственного интеллекта и кибернетики // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 78-81.

5. Зарипова Р.С., ПырноваО.А. Особенности и тенденции развития современного инженерного образования // Современные исследования социальных проблем. 2018. Т.9. №8-2. С.43–46.

УДК 338.242

# РОЛЬ И МЕСТО «ИННОКАМ» В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ РАЗВИТИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Даниил Кириллович Селезнев[1], Олег Владимирович Пелевин[2]
[1]ФГБОУ ВО «КФУ; г. Казань
[2]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

**Аннотация:** В текущих условиях перспективы экономического роста состоят в переводе экономики, и, главным образом, промышленности, на инновационные рельсы развития[1,3]. Пример Республики Татарстан в части формирования инновационной инфраструктуры интересен, поскольку в регионе есть понимание роли и места экономики инноваций в процессе развития экономики, и этот процесс происходит осознанно, целенаправленно, системно, на проектной основе. «Камский инновационный территориально – производственный кластер «ИННОКАМ» можно позиционировать в качестве ядра инновационной инфраструктуры Республики Татарстан и примера трансформации промышленности агломерации на новой технологической основе [2,4,5]. Участников «ИННОКАМ» связывают кооперационные связи между предприятиями отрасли нефтехимии и автомобилестроения. Предприятия, входящие в кластер - звенья единой технологической цепочки, напрямую связанные с наукой и образованием.

Кластер расположен на территории 6 муниципальных районов Республики Татарстан, входящих в Камскую агломерацию, 3 из которых – моногорода, экономика которых до недавнего времени объективно находилась в точке бифуркации, и внедрение модели промышленного роста на инновационной основе позволяет решить ряд задач, стоящих перед экономикой региона: рост инновационного сектора экономики, который позитивно повлияет не только на макроэкономические показатели, но и на конкурентноспособность производимой продукции, на состояние окружающей среды, количество высокоэффективных рабочих мест с достойной заработной платой, социальную стабильность в регионе.

**Ключевые слова:** ИННОКАМ, кластер, наука, экономика, инновации, инфраструктура, передовая промышленность, Республика Татарстан.

# THE ROLE AND PLACE OF «INNOCAM» IN THE TERRITORIAL DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Daniil Kirillovich Seleznev, Oleg Vladimirovich Pelevin

**Annotation:** In the current conditions, the prospects for economic growth consist in the transfer of the economy, and, mainly, industry, to innovative development rails [1,3]. The example of the Republic of Tatarstan in terms of the formation of an innovative infrastructure is interesting, since the region has an understanding of the role and place of the innovation economy in the process of economic development, and this process occurs consciously, purposefully, systematically, on a project basis. “The Kama innovative territorial and production cluster“ INNOKAM ”can be positioned as the core of the innovation infrastructure

of the Republic of Tatarstan and an example of the transformation of the agglomeration industry on a new technological basis [2,4,5]. The INNOKAM participants are linked by cooperation ties between the petrochemical and automotive industries. The enterprises included in the cluster are links in a single technological chain that are directly related to science and education.

The cluster is located on the territory of 6 municipal districts of the Republic of Tatarstan that are part of the Kama agglomeration, 3 of which are single-industry towns, the economy of which, until recently, was objectively at the point of bifurcation, and the introduction of an innovative industrial growth model allows solving a number of problems facing the region's economy: growth of the innovative sector of the economy, which will have a positive effect not only on macroeconomic indicators, but also on the competitiveness of manufactured products, on the state of the environment, the number of highly efficient jobs with decent wages, and social stability in the region.

**Key words**: INNOKAM, cluster, science, economics, innovation, infrastructure, advanced industry, the Republic of Tatarstan.

Согласно Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 г. приоритетными направлениями развития экономики региона станут инновационная экономика и экосистема инноваций. Формирование новой эффективной экономики, основанной на знаниях, развитие инновационной деятельности, высокотехнологичных секторов экономики, малого предпринимательства как основного проводника массовых инноваций – приоритетные направления инновационной политики Республики Татарстан. Инструментом реализации выступает кластерный подход к инновациям.

Усилившаяся дифференциация субъектов России по накопленному в регионе инновационному потенциалу и результатам его использования предопределяет необходимость соответствующего подхода к вопросам управления развитием и пространственной организацией региональной производственной инновационной инфраструктуры[8,9].

Республика Татарстан продуманно подошла к решению вопроса развития Камской агломерации на основе развития высокотехнологичных отраслей экономики, снятия инфраструктурных ограничений по ввозу сырья, вывозу готовой продукции. Идея развития Камской агломерации на новой технологической основе выросла из необходимости поиска новых решений и путей развития и реализации промышленного потенциала агломерации: создание центра «Иннокам» должно раскрыть промышленный и инновационный потенциал кластера и проявить себя в качестве новой модели роста, предполагающей интенсивное использование новых технологий в промышленности. «Иннокам» – самый масштабный проект территориального развития в России, объем заявленных инвестиций в его субпроекты равен 750 млрд. рублей [6,7,10,11].

В Республике Татарстан был разработан ряд стратегически важных для развития Камской агломерации документов: Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года, Стратегия развития Камского кластера до 2020 года, Концепция создания территориально-обособленного Инновационно-производственного центра «ИННОКАМ» (далее – Концепция), в которых намечены пути инновационного развития входящих в кластер предприятий, а также позитивные измеримые эффекты территориального развития, которые будут достигнуты. Во всех перечисленных документах учтены имеющиеся в Камской агломерации недостатки в виде не лучшей инженерной, энергетической и транспортной инфраструктуры, а также преимущества территории в виде значительной численности населения, трудового потенциала, развитого промышленного комплекса и обеспеченность природными ресурсами. Когда поставленные в стратегических документах развития Камской агломерации стратегические инициативы: обеспечение глобального технологического лидерства, достижение мирового уровня развития технологического предпринимательства, формирование системы привлечения инвестиций мирового уровня, создание центра компетенций по «зеленым» технологиям мирового уровня будут реализованы, будут достигнуты декларированные цели в упомянутых стратегических документах цели: развитие высокотехнологических производств с высокой добавленной стоимостью, кооперация в исследованиях и внедрении новых технологий, на основе которых будет достигнуто высокое качество жизни населения в агломерации – третье по Российской федерации.

Решение о создании «ИННОКАМА» было принято в 2016 году на уровне руководства Российской Федерации, которое в полной мере осозновало необходимость регионального регулирования государством инновационного кластера. Государство должно регулировать рынок инноваций, так как в текущих условиях он определяет перспективы развития страны.

Производственная инновационная инфраструктура Республики Татарстан, обеспечивающая деятельность акторов региональной инновационной системы и их взаимодействие друг с другом и иными хозяйствующими субъектами, усиливает конкурентоспособность региона в борьбе за инвесторов и инноваторов. В рамках реализации Концепции было запланировано 79 инфраструктурных и инвестиционных проекта, большая часть которых касается трансформации транспортной инфраструктуры для целей повышения мобильности населения и грузов. Строительство трассы в районе села Соколка, сопряженная с возведением

моста через Каму, значительно понизит загруженность трассы М7 «Волга» и повысит связность внутри агломерации и за ее пределами.

Концепцией предусмотрена реализация 5 основополагающих направлений:

- инфраструктура и агломерация (развитие транспортной, жилищной, логистической инфраструктуры);

- передовая промышленность (модернизация системообразующих отраслей и внедрение инноваций путём развития сформированных в Центре «ИННОКАМ» промышленных и инновационных кластеров);

- наука и инновации (развитие науки и высшего образования в целях кадрового обеспечения потребностей промышленности, эффективной передачи технологий от науки к промышленности и их коммерциализации, обеспечивающих развитие сектора высоких технологий);

- экология и культура (создание безопасной, экологичной, комфортной и «умной» городской среды, ориентированной на человека, а также развитие культурного потенциала Камской агломерации);

- институциональная среда (совершенствование условий для предпринимательства, повышение эффективности муниципального управления, упрощение взаимодействия населения с представителями государственных органов).

Концепцией предусмотрено 79 приоритетных инфраструктурных проектов: производственные, транспортные, социальные, в области энергообеспечения. Результатом реализации стратегических инициатив станет создание в кластере новых высокотехнологичных производств, конкурентоспособных на мировом уровне. Будет выстроена общая система социального, транспортного и инженерного обслуживания, что в конечном итоге приведет к формированию комфортной городской среды и повышению качества жизни населения, диверсификации экономики, в том числе экономики моногородов, входящих в Камскую агломерацию.

Успешность реализации Концепции зависит от предметной работы с федеральными органами исполнительной власти, госкорпорациями и институтами развития по выполнению соответствующей «дорожной карты», включению проектов в государственные, федеральные целевые и инвестиционные программы, а также продвижению законодательных инициатив республики по развитию отраслей нефтехимии, нефтепереработки и автомобилестроения.

Немало внимания в Концепции уделено роли автопроизводителей. Ключевая роль в этом кластере отводится КАМАЗу, который имеет собственную программу стратегического развития, предусматривающую

реинжиниринг предприятия и создание перспективного семейства автомобилей: электробусов, коммунальной спецтехники на электротяге, гибридных грузовиков, автомобилей на топливных элементах, а также беспилотников.

Сегодня ИННОКАМ- одна из основных точек роста экономики республики. Важная роль в развитии экономики Камского кластера отводится особой экономической зоне «Алабуга». Здесь выпускается высокотехнологичная продукция, направленная, прежде всего, на импортозамещение. Это автомобили, теплоизоляционная продукция, плиты МДФ, листовое стекло, стекловолокно и другие товары.

Синергетический эффект развития Камского кластера определяется пересечением двух крупнейших секторов экономики: автопрома и нефтехимии, соединением цепочек создаваемой в них добавленной стоимости в единую инновационную технологическую платформу. В кластере на стыке двух специализаций создаются новые производства в инновационных сферах экономики: IT-технологии, робототехника, аддитивные технологии, современные материалы, инжиниринг, зеленые технологии.

На сегодняшний день «ИННОКАМ» – крупнейший в России динамично развивающийся инновационный кластер: с 2013 года совокупный объем выручки предприятий-участников кластера вырос с 390 млрд рублей до 815 млрд рублей, а объем инвестиций - с 66 млрд рублей до 110 млрд рублей. В кластере производится половина полимеров стирола и синтетических каучуков России, каждый третий грузовой российский автомобиль и каждая вторая грузовая шина.

Большая заслуга в динамичном развитии кластера заключается в тесном взаимодействии бизнеса, науки и государства, которое обеспечивает специализированная организация кластера – Ассоциация «Иннокам». В составе кластера четыре университета: два национальных исследовательских, Казанский федеральный университет и Казанский энергоуниверситет. Они занимаются подготовкой кадров и научным сопровождением проектов участников кластера.

На территории кластера работает самая успешная в стране особая экономическая зона «Алабуга», созданы 3 территории опережающего социально-экономического развития (в г.Набережные Челны, Нижнекамске и Менделеевске), предоставляющие резидентам налоговые льготы, активно развивается один из крупнейших в Европе Камский индустриальный парк «Мастер». Всего за последние годы в «ИННОКАМ»

создано более 20 индустриальных парков, промышленных площадок и бизнес-инкубаторов.

Согласно данным Министерства экономики Республики Татарстан по итогам I квартала 2020 года в ОЭЗ «Алабуга» в качестве резидентов привлечено 57 компаний, из них 30 компаний ведут промышленно-производственную деятельность. Объем инвестиций, освоенных резидентами ОЭЗ «Алабуга» за весь период деятельности, составил 137,06 млрд рублей. Создано свыше 6 971 рабочее место. Объем выручки от произведенной продукции нарастающим итогом с момента начала функционирования ОЭЗ «Алабуга» составил 500,07 млрд рублей.

Участники кластера активно взаимодействуют между собой, осуществляя совместные проекты. Успешно реализовано уже более 20 инновационных проектов, направленных на выпуск инновационной продукции, выход на новые экспортные рынки и создание импортозамещающих производств. Наиболее известный инновационный кластерный проект, поддержанный Минэкономразвития России - «Электробус» (инициатор проекта – ПАО «КАМАЗ»). По результатам реализации проекта был разработан новый тип автобуса на электрическом ходу. Сегодня в нескольких городах, в том числе в Москве, Казани, Набережных Челнах, проходят серийные испытания данного электробуса.

В 2018 году для поддержки участников кластера Ассоциацией «ИННОКАМ» реализован проект «Российский центр открытых инноваций «Инноскоп» (далее - Инноскоп). Инноскоп - это цифровая многопользовательская площадка для формирования российского рынка открытых инноваций через оперативное взаимодействие в сфере технологий и инжиниринга по принципу «от специалиста к специалисту».

Цель проекта - формирование рынка инноваций за счет обеспечения доступа к базе технологических заказов, существующих решений, а также высокотехнологического оборудования и услуг посредством выстраивания коммуникации между заинтересованными участниками.

Основной принцип работы портала Инноскоп заключается в использовании базы данных о технологиях, проектах и инжиниринге пользователями со стороны науки и бизнеса в единой среде и по единым «правилам игры».

Наличие актуальных баз дает возможность не только поиска и коммуникации, но и первичного анализа ресурсов и возможностей потенциального партнера, после чего рабочий контакт по проекту, минуя организационные барьеры инициации, сразу уходит из среды Инноскопа на стадию реализации.

В настоящее время не существует более полных баз высокотехнологичного оборудования, инжиниринговых услуг и предложенных технологий, собранных на одной платформе. Площадка бесплатна для основных участников инновационного процесса.

Резиденты представлены тремя ключевыми кластерами: производство автомобилей и автокомпонентов, переработка полимеров в готовую продукцию, производство строительных материалов. Кроме того, реализуются проекты резидентов в сфере пищевой промышленности, деревообработки, производства стекла, композиционных материалов, машиностроения.

В республике действует 91 объект инфраструктуры (74 промышленные площадки и 17 промышленных парков), на которых осуществляют деятельность более 1,4 тыс. резидентов, создано около 27 тыс. рабочих мест. К концу 2020 года количество объектов инфраструктуры будет равно 100.

Камский кластер - важный шаг на пути комплексного развития Камской агломерации с целью снятия инфраструктурных ограничений, оказания содействия в развитии крупным предприятиям реального сектора экономики и повышения качества жизни населения.

В Республике Татарстан активно внедряются современные инструменты территориального развития: ТОСЭР, ОЭЗ, производственные кластеры, что влечет рост экономического благосостояния региона. В результате реализации инструментов территориального развития создано множество рабочих мест и привлечен большой объём инвестиций.

Вместе с тем авторы отмечают, необходимо активизировать работу с федеральными органами исполнительной власти, госкорпорациями и институтами развития по включению инфраструктурных проектов по развитию Камской агломерации в государственные, федеральные целевые и инвестиционные программы, а также продвижению законодательных инициатив республики по развитию отраслей нефтехимии, нефтепереработки и автомобилестроения.

## Источники

1. Аганбегян А.Г. Уроки кризиса: России нужна модернизация и инновационная экономика // ЭКО. 2010. №1.

2. Алексеев, А. А. Теория инновационного развития. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2003. 160 с.

3. Амосенок Э.П., Бажанов В.А. Методические подходы к анализу и оценке инновационного потенциала регионов // Регион: экономика и социология. 2008. № 4.

4. Варшавский А. Е. О проекте МЭР «Инновационная Россия 2020» (стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г.) // Инновации. 2011. № 2 (148). С. 10-14.

5. Емельянов С.Г., Борисоглебская Л.Н., Мальцева А.Л. Теоретико-методологические вопросы разработки стратегии развития технопарков в современных условиях // Вестник экономической интеграции: научно-практический журнал. 2010. № 4. С. 24-33

6. Индикаторы науки: 2018: стат. сб. М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2018. 392 с.

7. Киселев С.В., Останина С.Ш., Водолажская Е.Л., Рыболовлева А.А. Жандарова Л.Ф.,Останин Л.М., Анализ финансово-хозяйственной деятельности и диагностики предприятий и организаций в современных условиях / Казань: Казан. нац.иссл. технол. ун-т. 2017. С. 252.

8. Рахмеева И.И. Региональные особенности развития и пространственной организации производственной инновационной инфраструктуры: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.05 / Рахмеева Ирина Игоревна [Место защиты: Уральский государственный экономический университет]. Екатеринбург, 2015.

9. Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф., Лубнина А.А.Управление развитием технологических платформ в инновационных секторах российской экономики: монография / Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. 156 с.

10. Zaraychenko I.A., Shinkevich A.I., Afanasyev A.A. , Shvetsov M.Y., Erdyneyeva K.G., Bordonskaya L.A., Persidskaya A.E., Rozhkova S.A., Innovation Networks Modeling Within the Concept Of Open Innovations // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. Т. 6. № 1. С. 192-198.

УДК 378

# ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Динара ВилевнаХамитова[1], Кирилл Валерьевич Николаев[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]orhidey-din@mail.ru,[2]mr.nikolaev.2000@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматривается вопрос внедрения и использования цифровых образовательных технологий в учебном процессе дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование».

**Ключевые слова**: инженерное геометрическое моделирование, цифровая экономика, электронный учебный курс.

# DIGITAL EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN ENGINEERING GEOMETRICAL DESIGN

Dinara Vilevna Khamitova, Kirill Valerievich Nikolaev

**Annotation:** The article discusses the issue of introduction and use in the educational process of the discipline "Engineering geometric modeling" of digital educational technologies.

**Keywords:** engineering geometric modeling, digital economics, e-learning course.

В современных условиях востребованными становятся специалисты, способные быстро адаптироваться в новых социально-экономических условиях цифровой экономики. Работодатели заинтересованы в их компетентности, способности работать в группе, инициативности, умении справляться со сложными профессиональными ситуациями. Основная цель современного образования заключается в подготовке специалистов, востребованных на высокотехнологичных предприятиях, основанных на цифровых технологиях мирового уровня.

Суть цифровых технологий заключается в создании и применении цифровых образовательных ресурсов, наиболее современных и эффективных, которые воспроизводятся на компьютере. В качестве цифровых образовательных ресурсов[1] применяются представленные в цифровой форме видеофрагменты, статические и динамические модели, объекты виртуальной реальности и интерактивного моделирования, звукозаписи, символьные объекты и деловая графика, текстовые документы и иные учебные материалы, необходимые для организации учебного процесса.

На кафедре инженерной графики дисциплина нового поколения «Инженерное геометрическое моделирование»полностью основана на цифровых технологиях, научное направление которой заключается в формировании первого уровня проектно-конструкторской компетенции обучающихся в ВУЗе. Дисциплина ориентирована на перспективные требования высокотехнологичного производства, адаптирована к постоянно меняющимся технологиям геометрического моделирования, отражает базовые требования ФГОС ВО нового поколения. Важным моментом в реализации новой дисциплины является использование последних версий программ в области автоматизированного проектирования, включая возможность их бесплатного применения для проведения занятий в компьютерных классах и установку на личные компьютеры. Все занятия проводятся с использованием мультимедийных средств. Компьютеры на кафедре оснащены последними версиями программного обеспечения таких компаний, как *Autodesk* (*AutoCAD, Inventor*), *Siemens (SolidEdge*).

С самых первых дней обучения студенты пользуются электронным учебным курсом«Инженерное геометрическое моделирование» на основе модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды *LMS Moodle*, которая существует в нашем университете.

Электронный учебный курс состоит из разделов, в которых дана соответствующая информация по всем видам учебного процесса. Внедрение электронного учебного курса и использование его возможностей позволили значительно повысить эффективность работы преподавателя и студентов. Выполненные работы студенты пересылают преподавателю на проверку и для дальнейшего их хранения в архиве кафедры в электронном виде. В течение одного семестра количество участников, записавшихся на курс, достигает около 500 человек, включая студентов очной и заочной форм обучения.

В процессе работы появляются новые идеи по эффективному использованию элементов курса. Основной упор делается на добавление в курс видеороликов, а также реализацию возможностей видео-уроков.

Ежегодно на кафедре проводятся олимпиады, дающие возможность выявить перспективных студентов, которые впоследствии становятся победителями и призерами всероссийских и международных олимпиад. Создан "Центр инженерного цифрового проектирования", направленный на разработку 3D и 4D цифровых моделей на основе систем САПР(CAD); 3D-прототипирование и 3D-сканирование различных объектов энергетической отрасли (Рис.) [2].

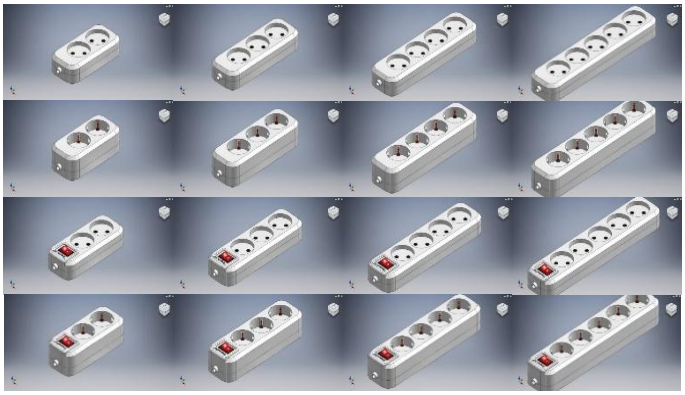


Рис. Параметризация модификаций удлинителя

Развитие цифровых технологий меняет способы получения знаний, умений и формирования навыков. Наши основные направления работы по реализации ФГОС ВО – это активизация поведения и мышления учащихся, развитие интереса к предмету, вовлечение их в познавательный поиск, умение самостоятельно находить и перерабатывать информацию, развивать индивидуальные способности.

## Источники


1. 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.

2. Николаев К.В. Использование параметризации в проектировании трехмерных электронных моделей // Всероссийский конкурс научных работ «Лобачевский-2019»: сб. тезисов Открытого конкурса научных работ среди обучающихся на соискание премии имени Н. И. Лобачевского Казань: Бук, 2019. С.212-213.

УДК 378:004

# ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Арслан Айнурович Шакиров[1], Римма Солтановна Зарипова[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]zarim@rambler.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются ключевые тенденции развития информационных технологий в области образования, а также основные аспекты внедрения инновационных продуктов в сферу подготовки студентов, школьников и работников образования.

**Ключевые слова:** информационные технологии, образование, инновации, учебный процесс.

# PROSPECTS FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

Arslan Ainurovich Shakirov, Rimma Soltanovna Zaripova

**Annotation:** The article discusses the key trends in the development of information technologies in the field of training and education, as well as the main aspects of introducing innovative products into the training of students, schoolchildren and educators.

**Keywords:** information technologies, education, learning systems, educational process.

В настоящее время развитие и распространение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является важным приоритетом. Как ИКТ интегрируются в образовательные программы, во многом зависит от учебных целей и стратегий учителей. Информация стала обильной и легкодоступной. Вместо того, чтобы читать унифицированную литературу, обычно представленную учебником, студенты получают доступ к огромному массиву информации. Вместо того чтобы запоминать, студенты теперь учатся находить и выбирать соответствующую информацию для тех проблем, которые им необходимо решить. Им нужно научиться взаимодействовать с другими людьми, поскольку они решают эти проблемы и сообщают свои решения учителям и миру за пределами их аудитории. Наряду с изменениями в том, что студенты должны знать, и более глубоким пониманием того, как они должны учиться, пропагандируются новые подходы к обучению [1]. Вместо того, чтобы слушать лекции и запоминать факты, образовательные реформы показывают, что студенты учатся лучше всего в контексте решения сложных, реалистичных проблем. Студенты, которые приобретают новую

информацию по мере решения проблем, могут понять ее полезность, запомнить и использовать ее для решения проблем в будущем [2]. Решение интересных проблем стимулирует интерес учащегося, чем запоминание отдельных фактов, и этот интерес, как было показано, положительно влияет на обучение [3]. Студенты, решающие реальные проблемы, рассматривают свои усилия как настоящую работу, они имеют цель и мотивацию для дальнейшего развития.

Учебные заведения предъявляет новые требования к преподавателям, включая поиск значимых проблем и проектов, а также предоставление студентам ресурсов и рекомендаций по их решению. Учителя и преподаватели полагают, что информационно-коммуникационные технологии могут удовлетворить эти требования, и они интегрируют их в процесс обучения.

Информационно-коммуникационные технологии позволяют студентам непрерывно повышать уровень знаний. Например, онлайн-курсы, которые даже в отдаленных местах предоставляют студентам возможности для индивидуальных учебных курсов повышения квалификации[4]. Эти курсы проводятся онлайн и предлагают синхронное взаимодействие между преподавателями и студентами. Они становятся очень популярными среди студентов заочной формы обучения, поскольку позволяют обучаться в любое время и из любого места.

Достижения в области аппаратного и программного обеспечения приводят к фундаментальным изменениям в области образования. Компьютеры, ранее привязанные к определенному месту, быстро заменяются беспроводными портативными компьютерами и смартфонами, которые позволяют студентам перемещаться по институту, собирать, делиться и обрабатывать данные быстрее, сообщать о результатах обучения учителям и родителям.

Мониторинг самостоятельного обучения студентов в этих гибких средах будет поддерживаться сложными новыми технологиями оценки [5], которые помогут учителям собирать и анализировать данные учащихся и принимать решения. Эти инструменты будут постоянно оценивать работу студентов и обеспечивать обратную связь с ними и их учителями. Такая оценка потенциально может потребовать стандартизованного тестирования и персонализировать учебную программу для каждого обучающегося. Хорошо интегрированные технологические инструменты выведут образование на новый уровень и предоставят индивидуальные, своевременные решения для удовлетворения потребностей взрослых и детей в обучении [7].

Хотя информационно-коммуникационные технологии создают возможности для фундаментальных изменений в том, как преподаватели учат, исследования показывают, что только треть учителей чувствует себя готовым эффективно использовать их. Это включает в себя возможность использования текстовой обработки, электронные таблицы, презентации и интернет-браузер. Такие инструменты помогают учителям повысить свою производительность, готовить отчеты или планы уроков, делать заметки, беседовать с коллегами и родителями. Эти базовые навыки необходимы, но недостаточны для создания изменений в обучении. Изменения требуют, чтобы учителя были знакомы с инструментами информационно-коммуникационных технологийи материалами по предметам, которым они учат. Они также должны иметь возможность включать эти ресурсы в аудиторные занятия, которые выполняют важные учебные цели.

Таким образом, внедрение в учебные процессы инновационных технологий не только делает процесс учебы проще, но и мотивирует обучающихся получать новые знания, помогает им своевременно получать нужную информацию, не запоминая огромное количество информации, а также получать обучение дистанционно.

**Источники**

1. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Особенности и тенденции развития современного инженерного образования // Современные исследования социальных проблем. 2018. Т.9. №8-2. С.43-46.

2. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Мобильное обучение как новая технология в образовании / Возможности и угрозы цифрового общества: материалы конференции Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 179-182.

3. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Цифровые игры как способ обучения // Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С.126-129.

4. Ширмамедова З.Н., Зарипова Р.С. Роль открытых электронных образовательных ресурсов в современном информационно-образовательном пространстве // Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С.536-539.

5. Зарипова Р.С., Халуева В.В. Анализ функционирования системы оценки знаний обучающихся / Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. №5. С. 31-35.

УДК 621-3

# ПРИМЕНЕНИЕ ПЛК SIEMENS SIMATIC S7-300, КАК УСТРОЙСТВО ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Гузелия Габделахатовна Галеева[1], Гузель Рамилевна Валиева[2],
Екатерина Андреевна Зотова[3], Ильназ Вакифович Валиуллин[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
galeeva_guzeliya@mail.ru[1], guzelrv@mail.ru[2], kwonek@mail.ru[3], ilnaz212121@gmail.com[4]

**Аннотация:** в данной статье предложен обзор применения программируемого логического контроллера в промышленных объектах. Среди множества видов ПЛК выявлен наиболее оптимальный с модульной структурой, позволяющий выполнить конкретные задачи автоматизации. Качественные показатели показывают, что ПЛК SiemensSimaticS7-300имеет наиболее оптимальные характеристики, такие как: высокая производительность и широкие аппаратные возможности.

**Ключевые слова**: автоматизированная система управления, программирование, промышленная автоматизация, программируемый логический контроллер, Siemens, человеко-машинный интерфейс, канал связи, сигнальные и функциональные модули.

# APPLICATION OF THE SIEMENS SIMATIC S7-300 PLC AS AN INDUSTRIAL AUTOMATION DEVICE

Guzeliya Cabdelahatovna Galeeva, Guzel Ramilevna Valieva,
Ekaterina Andreevna Zotova, Ilnaz Vakifovich Valiullin

**Abstract:** this article provides an overview of the application of a programmable logic controller in industrial facilities. Among the many types of PLCs, the most optimal one is identified with a modular structure that allows you to perform specific automation tasks. Quality indicators show that the Siemens Simatic S7-300 PLC has the most optimal characteristics, such as: high performance and wide hardware capabilities.

**Keywords**: automated control system, programming, industrial automation, programmable logic controller, Siemens, human-machine interface, communication channel, signal and functional modules.

Промышленные условия эксплуатации предполагают устойчивость к таким факторам, как повышенный уровень влажности, вибрации, напряжённости электромагнитного поля, содержание механических и химических примесей в воздухе (пыль, агрессивные соединения) и т. п.

Также очевидно, что устройства промышленной автоматизации связаны с объектами управления, и должны включать в себя модули ввода-вывода некоторых сигналов, преобразователи физических величин.

Если рассмотреть стандартную архитектуру современной автоматизированной системы управления (АСУ) некоторым технологическим процессом или объектом[1], можно заметить, что для неё характерна определённая иерархия, как на рис.1.


Рис. 1. Архитектура АСУ

Программируемый логический контроллер (ПЛК) представляет собой дискретный автомат, имеющий конечное число входов и выходов, подключенных к объектам управления посредством датчиков, ключей, исполнительных устройств [2].

Языки программирования ПЛК определяются стандартом МЭК 61131-3, в котором человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) определен как периферийные устройства, снабжённые средствами ввода/вывода информации (кнопками, индикаторами, клавиатурами, сенсорными дисплеями) и служащие интерфейсом оператору. Назначением ЧМИ является обеспечение оператора всей необходимой информацией для мониторинга установки или процесса и возможностью взаимодействия с прикладной программой ПЛК для настройки, выбора алгоритма и т. п. [2].

Компания *Siemen*s является одним из ведущих производителей систем автоматизации для нужд промышленности. Программируемые логические контроллеры данной фирмы широко распространены.

Рассмотрим ПЛК *Siemens Simatic S*7-300. Типовой вид контроллера данного уровня представлен на рис.2.

Рис. 2. Вид контроллера *S*7-300, имеющего в составе блок питания, CPU и сигнальные модули

Контроллеры данной серии являются устройствами управления среднего уровня и предназначены для решения задач промышленной автоматизации низкой и средней степени сложности.

Для данных ПЛК присуща ярко выраженная модульная структура, позволяющая задать тот уровень аппаратной поддержки и производительности ,который требуется для решения конкретной задачи автоматизации. Так, используя сигнальные и интерфейсные модули, можно реализовать до 65536 дискретных и 4096аналоговых каналов связи для подключения датчиков и приводов. Высокая производительность центральных процессоров позволяет на уровне операционной системы осуществлять работу в режиме реального времени, поддерживать обработку аппаратных прерываний, а также обработку программных и аппаратных ошибок. Контроллеры S7-300 поддерживают как локальный, так и распределённый ввод-вывод, позволяющий размещать сигнальные или функциональные модули непосредственно у объектов, в то время как центральный процессор может находиться на значительном расстоянии[3].

На данный момент можно считать, что контроллеры серии S7-300 вследствие их достаточно высокой производительности и широким аппаратным возможностям по сравнению с S7-200, и невысокой ценой, по сравнению с S7-400, являются одними из самых востребованных и распространённых ПЛК среди всего семейства *Siemens Simatic* S7.

## Источники

1. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного программирования / Под. ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: Солон-Пресс, 2004. 256 с.: ил. (Серия «Библиотека инженера»).

2. ГОСТ Р 51840–2001 (МЭК 61131–1–92). Программируемые контроллеры. Общие положения и функциональные характеристики. Принят 24.12.2001. Введён впервые. М.: Издательство стандартов, 2002. 16 с.

3. Минаев И.Г. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера. / Ставрополь: Аргус, 2009. 100 с.

УДК 621.316.9

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Евгений Сергеевич Евдокимов[1], Камиль Хабибович Гильфанов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[1]redvit95@mail.ru, [2]kamil.gilfanov@yandex.ru

**Аннотация:** Грамотное комбинирование элементов и средств ограничения перенапряжений способствует повышению надежности электроснабжения, уменьшая риск выхода из строя оборудования.

**Ключевые слова:** Перенапряжения, устройство защиты от перенапряжений, схема устройства.

# RESEARCH OF OVERVOLTAGE PROTECTION CIRCUIT ELEMENTS

Evgeniy Sergeevich Evdokimov, Kamil Khabibovich Gilfanov

**Abstract:** Competent combination of elements and means of limiting overvoltage increases the reliability of power supply, reducing the risk of failure of equipment.

**Keywords:** Overvoltage, surge protection device, device scheme.

Для ограничения перенапряжения в сетях электроснабжения применяются различные элементы с соответствующими свойствами. В основном, эти элементы различаются характеристикой срабатывания и величиной отводимого тока [1].

1. Диод супрессор (*TVS*-диод) – полупроводниковый ограничитель перенапряжения, являющийся элементом «тонкой» защиты. Супрессор, как элемент защиты от перенапряжений, выделяется высокой чувствительности и коротким временем реакции на превышение напряжения, при небольшой пропускной способностью, в следствие чего получил широкое распространение в цепях защиты особо чувствительного к перенапряжению оборудования.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) супрессора представлена на рис.1.

2. Газонаполненный разрядник – пассивное электронное устройство, предназначенное для ограничения перенапряжений. Является элементом «грубой» защиты и полной противоположностью диода супрессора по характеристикам. Основными достоинствами разрядника являются большая пропускная способность и долговечность. Из недостатков же выделяются большое время срабатывания, высокая инерционность и наличие сопровождающих токов.

Вольт-амперная характеристика разрядника представлена на рис.2.

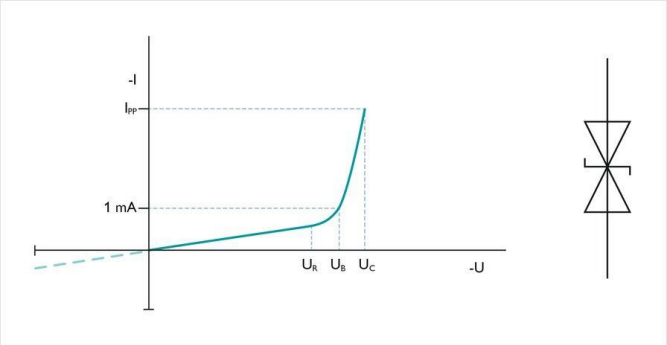



Рис. 1. ВАХ супрессорного диода

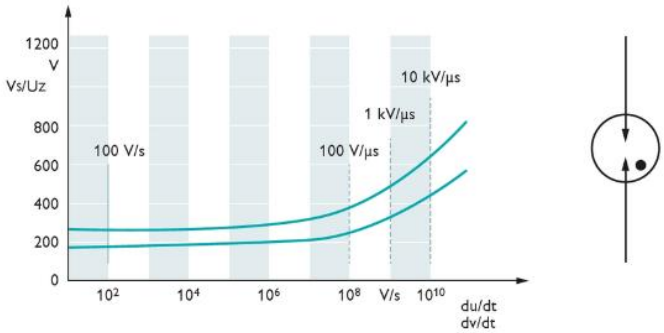



Рис. 2. ВАХ газонаполненного разрядника

3. Варистор – полупроводниковый прибор, сопротивление которого зависит от приложенного напряжения. По характеристикам находится между супрессором и разрядником, имея среднюю чувствительность, среднее время срабатывания и пропускная способность, при этом не вызывает сопровождающих тока в сети при срабатывании. Из недостатков следует выделить большую ёмкость, относительно большие токи утечки, которые со временем увеличиваются, а также необходимость после срабатывания некоторого времени для полного восстановления характеристик.

Вольт-амперная характеристика варистора представлена на рис.3.

Из всего вышеперечисленного становится понятным, что применение какого-либо одного элемента защиты, является недостаточным для обеспечения надежной защиты электрооборудования в сетях 0,23-0,4 кВ и необходимо применять устройства защиты, обеспечивающие селективную работу элементов «тонкой» и «грубой» защиты, а так же сводящих к минимуму вероятность возникновения короткого замыкания в сетях электроснабжения. Пример подобной схемы представлен на рис.4 [2].

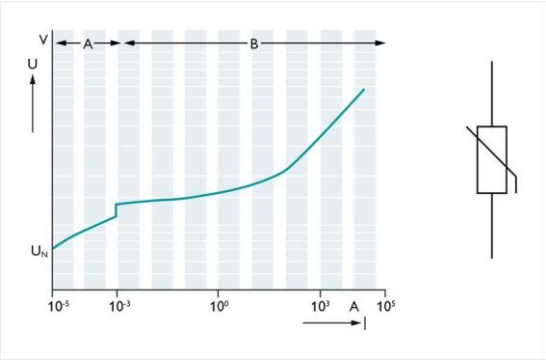



Рис. 3. ВАХ варистора

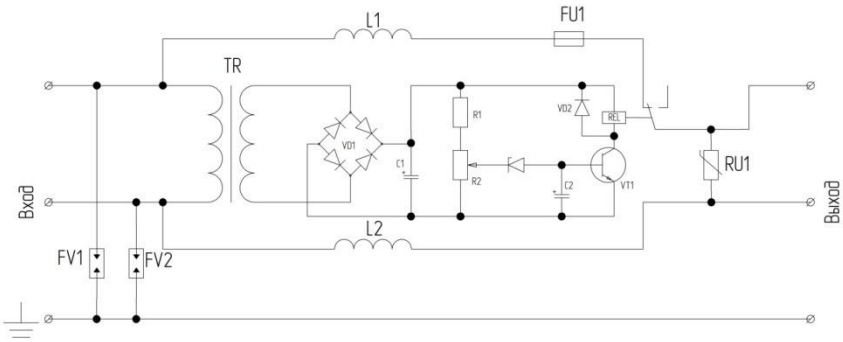



Рис. 4. Селективная схема защиты от перенапряжения

В данной схеме разрядники *FV*1,*FV*2 являются защитой от импульсных перенапряжений и служат заменой УЗИП 3 класса, реле *REL* размыкает цепь при превышении напряжения выше указанного диапазона срабатывания (от 100 до 300 В) и является защитой от перенапряжений вследствие «отгорания»/ослабления контакта нулевого проводника. Варистор *RU*1 в данном случае является защитой от остаточных импульсов. На случай сваривания контактов реле после срабатывания варистора *RU*1 дополнительно ставится плавкая вставка *FU*1.

## Источники

1. PHOENIX CONTACT. Компоненты и защитные устройства. Режимдоступа:https://www.phoenixcontact.com/online/portal/lt?1dmy&urile=wcm:path:/ltru/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/Surge_protection_components_and_protective_circuits/edf52699-2a66-4b5a-9b0e-009a12e90d67 (дата обращения: 10.03.2020).

2. AKA KASYAN. Самодельное устройство, которое продлит жизнь бытовых приборов. Режим доступа: https://ctrl.info/2018/08/06/samodelnoe-ustrojstvo-kotoroe-prodlit-zhizn-bytovyh-priborov/ (дата обращения: 10.03.2020).

УДК 628.946:621.382.2

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

Альберт Аббясович Ашрятов[1],
Динара Камилевна Чуракова[2], Сергей Владимирович Прытков[3],
Иван Николаевич Козлов[4]
НИ МГУ им. Н. П. Огарева, г. Саранск
[1]ashryatov@rambler.ru, [2]emerald1992@mail.ru, [3]sergeyvladi88@gmail.com,
[4]zen940812@yandex.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются результаты исследования светодиодных прожекторов. Определено, что светодиодные прожекторы без вторичной оптики имеют светораспределение, близкое к косинусному типу. Следовательно, по характеру светораспределения они в большей степени соответствуют классу светильников. Отмечается, что светотехнические характеристики, представляемые некоторыми производителями светодиодных прожекторов не соответствуют экспериментально измеренным.

**Ключевые слова:** светодиодный прожектор, светодиод, светодиодная матрица, кривая силы света, светораспределение

# INVESTIGATION OF LED FLOODLIGHTS

Albert Abbyasovich Ashryatov, Dinara Kamilevna Churakova,
Sergeiy Vladimirovich Prytkov

**Annotation:** The article discusses the results of the study of LED floodlights. It is determined that LED floodlights without secondary optics have a light distribution close to the cosine type. Consequently, according to the nature of light distribution, they are more consistent with the class of luminaires. It is noted that the lighting characteristics provided by some manufacturers of LED floodlights do not correspond to those measured experimentally.

**Keywords:** LED floodlight, LED, LED matrix, luminous intensity curve, light distribution

Для целей освещения применяются прожекторы общего назначения, которые предназначены для длительного освещения рабочих поверхностей и используются для освещения открытых пространств, фасадов зданий, архитектурных памятников и т.д.; распространенным для этой группы является название прожекторы заливающего света [1].

Наиболее распространенны прожекторы заливающего света с параболоцилиндрическим отражателем на основе разрядных ламп высокого давления или линейных галогенных ламп накаливания [2 (рис. В-10, рис. 7-111)], которые имеют симметричные кривые силы света (КСС) в

двух плоскостях [1 (рис. 4.6, б)]. Кроме того, так же широко применяются светодиодные прожекторы заливающего света [1 (рис. 4.55)].

Исследования светотехнических характеристик светодиодных прожекторов были проведены в центре коллективного пользования «Светотехническая метрология» НИ МГУ им. Н. П. Огарева [3].

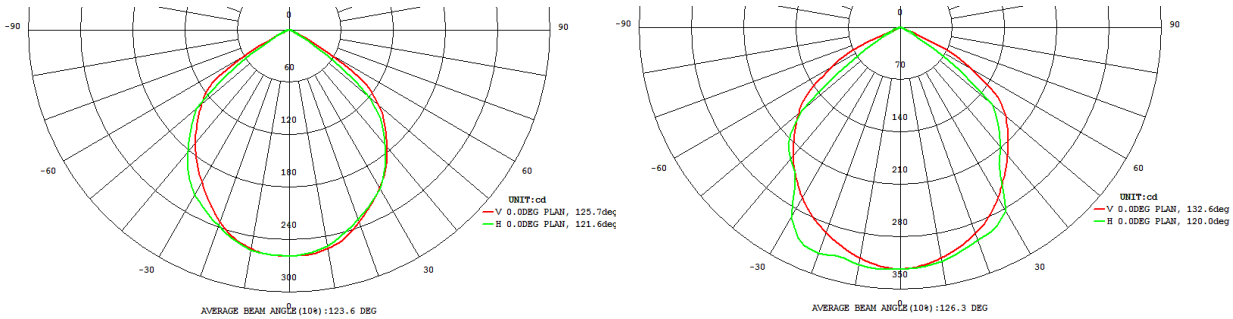
Исследования показали, что подавляющее большинство светодиодных прожекторов не имеют вторичную оптику, формирующую КСС прожектора. В таких прожекторах в качестве источника света используются либо светодиодные матрицы (рис. 1, *а, б*), либо модуль с SMD-светодиодами (рис. 1, *в*), имеющие косинусный тип

*а*) *б*) *в)*

Рис. 1. Сравнительные виды светодиодных прожекторов модели: XL-0021FL10WS (а); AM-HP10W-1 (*б*) и СДО-07-20-65 (*в*)

светораспределения и которые формируют соответствующий тип КСС прожектора. Как видно из рис. 2, используемый в таких прожекторах отражатель, незначительно изменяет косинусную КСС и, в основном, играет декоративную роль.

Отражатель светодиодного прожектора, построенного на модуле с SMD-светодиодами (рис. 3) практически не изменяет КСС используемых




*а*) *б*)

Рис. 2. Распределение силы света в пространстве у прожектора: XL-002115FL10WS (*а*) и AM-HP10W-1 (*б*)

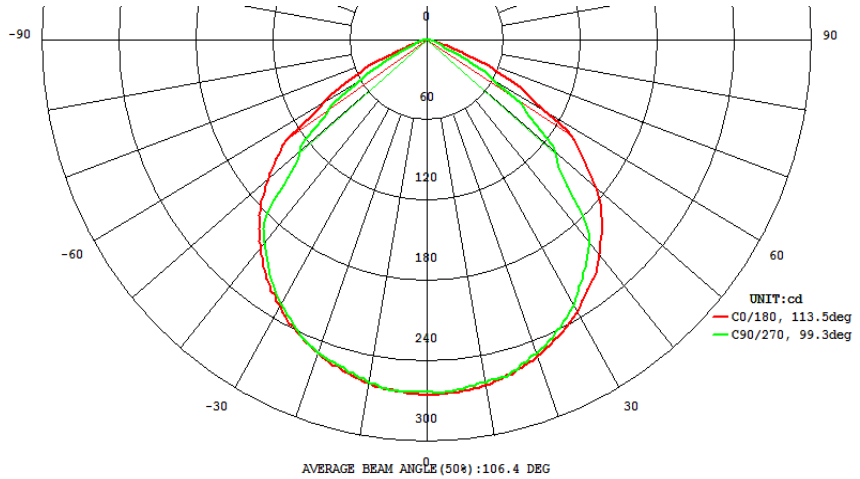



Рис. 3. Распределение силы света в пространстве у светодиодного прожектора СДО-07-20-65

светодиодов и, соответственно, прожектор имеет светораспределение круглосимметричного светильника. Таким образом говорить, что этот световой прибор является прожектором можно с натяжкой, так как прожекторы имеют глубокий или концентрированный тип КСС.

При исследовании светодиодного прожектора СДО-07-20-65 выяснилось, что вместо заявленной мощности 20 Вт, прожектор потребляет 9,7 Вт, что согласуется с информацией, приведенной в [4]. Это, возможно, связано с ошибочной установкой информационной наклейки на корпус прожектора, геометрические размеры и конструктивное исполнение которого одинаково у прожекторов мощностью 10 и 20 Ватт.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 18-48-130009\19.

## Источники

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. 4-е изд. перераб. и доп. М.:  892 с.

2. Световые приборы / Ю.Б. Айзенберга. М.: Энергия.  1980.  464 с.

3. ЦКП «Светотехническая метрология» МГУ им. Н. П. Огарева. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.innovation.gov.ru/node /3329.

4. Петрушенко Ю. Я., Тукшаитов Р. Х. Типовые ошибки представления технических характеристик светодиодных светильников в каталогах // Современная светотехника. 2011. № 3. С. 76-80.

УДК 681.931/ББК 332.85

# ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Виталий Валерьевич Байнев
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
bw14@mail.ru

**Аннотация:** В статье показано, что моделирование тепловых процессов в осветительных приборах является важным этапом в процессе их разработки и влияет на параметры оптической системы и габаритные размеры всего прибора. Рассмотрен иерархический подход с использованием метода поэтапного моделирования теплового режима.

**Ключевые слова:** светодиод, моделирование, теплообмен, прототипирование, производство, технология, эффективность.

# TASKS AND PROBLEMS OF MODELING THE HEAT MODE OF LIGHT DEVICES

Vitaly Valerievich Baynev

**Annotation:** The article is devoted to the study of thermal processes in light devices and their modeling capabilities. Mathematical models, the equations underlying them are considered. The approach using the method of phased modeling of the thermal regime is shown.

**Key words:** LED, modeling, heat transfer, prototyping, production, technology, efficiency.

Проблемы моделирования теплового режима осветительных приборов (ОП) в связи со сложностью их конструкции являются одними из важнейших при их проектировании. Это определяет область применения конкретного прибора, его надежность и долговечность, напрямую влияет на параметры оптической системы и габаритные размеры всего ОП. Необходимо на каждом из этапов проектирования ОП уделять самое пристальное внимание внешним и внутренним факторам тепловых воздействий.

Поэтому моделирование тепловых процессов является важным этапом в процессе разработки ОП. Моделирование теплообмена в приборе или, проще говоря, тепловой расчет, позволяет обнаружить проблемы теплоотвода на ранних стадиях проектирования и уменьшить необходимость физического прототипирования как отдельных компонентов, так и ОП в целом. Физическое прототипирование не всегда возможно из-за нехватки времени и средств. Результаты физического прототипирования также не всегда могут помочь в решении задач

проектирования и производства, и могут приводить к затягиванию сроков разработки, снижению надежности или увеличению стоимости продукта [1-2].

Наиболее полные математические модели (системы дифференциальных уравнений в частных производных, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений) процессов теплообмена, протекающих в различных технических устройствах, сводятся к системе дифференциальных уравнений теплопроводности для твердых тел при соответствующих граничных и начальных условиях, учитывают наличие неравномерных пространственно-временных полей у искомых величин – температур твердых тел, тепловых потоков, интенсивностей излучения и т.д. Однако при решении реальных технических задач, как правило, не ограничиваются использованием только таких моделей, что объясняется несколькими причинами.

Моделирование теплового режима конкретного прибора проводится поэтапно с постепенным переходом от верхнего уровня иерархии, включающего группу приборов, к нижнему, включающему отдельные элементы, которые невозможно разделить на части, не нарушив их целостности.

При подходе, используемом на предыдущих уровнях иерархии, предполагают, что на температурное поле любого конкретного элемента (например, оптического) основное влияние оказывают только интегральные характеристики температурных полей других элементов прибора. Это допущение позволяет сначала рассчитать средние температуры элементов, а затем на их основе провести анализ температурных полей в отдельных элементах. Особенностью другого варианта моделирования является решение системы уравнений, которая включает обыкновенные или одномерные дифференциальные уравнения для одних элементов и многомерные уравнения для других элементов.

Многомерные математические модели обычно используют либо на последнем этапе, когда проводится определение температурных полей отдельных элементов, либо на предпоследнем этапе, когда анализируется тепловой режим узла, состоящего из элементов первого уровня иерархии. Причина применения этих моделей заключается в необходимости получения используемой при проектировании приборов информации либо о пространственном распределении температуры в элементах, либо об их некоторых характерных температурах (максимальных, осредненных по некоторым локальным участкам поверхности или объема и т.д.).

## Источники

1. Байнев В.В., Байнева И.И. Особенности 3D-проектирования и прототипирования в светотехнике // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2018. № 6 (255). С. 38-42.

2. Байнев В.В. Исследование моделей тепловых процессов в световых приборах // Сборник докладов научно-техн. конф. «Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий». Москва. 2018. С. 133-137.

УДК 628.9/ББК 332.85

# ФОРМЫ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНЗ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ МОДУЛЕЙ

Ирина Ивановна Байнева
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
baynevaii@rambler.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрены оптические системы для светодиодных световых приборов, принципы распространения лучей в линзах различного конструктивного исполнения. Проанализированы особенности применения вторичных оптических элементов для получения различных диаграмм направленности излучения светодиодов в пространстве.

**Ключевые слова:** светодиод, светильник, световой поток, TIR-оптика, линза, отражение, прототипирование.

# SHAPES OF OPTICAL LENS FOR LED MODULES

Irina Ivanovna Bayneva

**Annotation:** The article discusses optical systems for LED lighting devices, the principles of ray propagation in lenses of various designs. The features of the use of secondary optical elements for obtaining various radiation patterns of light-emitting diodes in space are analyzed. The features and problems of calculating secondary optical systems are considered.

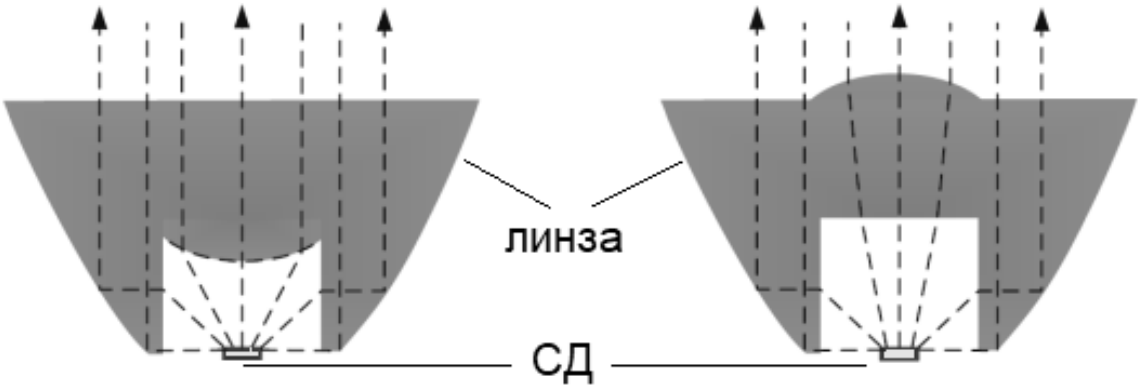
**Key words:** LED, lamp, luminous flux, TIR optics, lens, reflection, prototyping.

Использование светодиодов (СД) в системах освещения требует применения вторичной оптики – линзовой и отражательной, которая позволяет изменить светораспределение СД, формирует требуемое распределение освещенности, повышает эффективность светотехнического устройства. Актуальной является задача расчета и моделирования светотехнических характеристик оптических светодиодных элементов и систем на стадии компьютерного моделирования и проектирования световых приборов СП [1-3].

Оптические системы для светодиодных СП в зависимости от своей конструкции имеет разный принцип действия. Поэтому для того, чтобы правильно сконструировать светодиодный светильник с той или иной оптикой (т.н. вторичной оптикой), необходимо представлять, какие особенности она имеет и для каких задач подходит. Можно выделить следующие классы вторичной оптики для осветительных систем: оптика свободной формы (*freeform*), отражатели (рефлекторы), преломлятели (линзы), рассеиватели.

Производители оптических систем для осветительной техники – светильников и прожекторов, выпускают большой ассортимент линз и рефлекторов. Линзы охватывают весь спектр диаграмм светораспределения (кривых силы света (КСС)), которые требуются для различных сфер применения. Наиболее востребованные КСС – широкие, глубокие и концентрированные.

Для формирования широких и полуширокие КСС чаще всего используются *freeform*-линзы. Для формирования глубоких и концентрированных КСС целесообразно использовать оптику полного внутреннего отражения (ПВО), так называемую TIR-оптику. Здесь центральные лучи от источника света, как правило, светодиода (СД), преломляются на внутренней боковой поверхности линзы, на которой происходит эффект ПВО (рис.). В результате световая эффективность такой оптической системы составляет более 85 %. В таких линзах формирование формы фотометрического тела осуществляется двумя преломляющими поверхностями на входе и выходе излучения и отражающей боковой поверхностью линзы. Относительная простота формирования требуемого светового пучка способствует популярности подобных линз.




Ход лучей в линзе ПВО

У линз типа «*TIR*-оптика» боковые поверхности имеют приблизительно одинаковую форму, верхняя поверхность имеет различное исполнение. Такие профили *TIR*-оптики позволяют получить узконаправленные диаграммы, которые востребованы для многих задач освещения.

Для освещения автодорог часто востребованы асимметричные линзы, как одиночные, так и блочные (мульти-линзы).

## Источники

1. Байнева И. И. Информационные технологии в моделировании оптических систем осветительных приборов // Информатизация образования и науки. М.: Изд-во: ГНИИИТТ, 2017. № 2 (34). С. 15-23.

2. Baynev V.V., Fedosin S.A. Simulation and study of optical systems based on LEDs. Acta Technica. 2018, 6(63), pp. 897–902.

3. Baynev V.V., Fedosin S.A. Surface Presentation Methods in Geometric Models of Light Devices. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. V. 11, 02-Special Issue, pp.460-464.

УДК 681.931/ББК 332.85

# ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Ирина Ивановна Байнева,
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
baynevaii@rambler.ru

**Аннотация:** Рассмотрены факторы, влияющие на тепловые процессы в световых приборах, исследованы задачи, проблемы и возможности регулирования этих процессов с возможностью моделирования. Показана важная роль влияния теплового режима световых приборов на их надежность и параметры работоспособности.

**Ключевые слова:** световой прибор, светодиод, моделирование, надежность, работоспособность, эффективность.

# PROBLEMS OF THERMAL MODES OF LIGHTING DEVICES

Irina Ivanovna Bayneva

**Annotation:** The article is devoted to the study of thermal processes in light devices and their modeling capabilities. Mathematical models, the equations underlying them are considered. The approach using the method of phased modeling of the thermal regime is shown.

**Key words:** LED, modeling, heat transfer, production, technology, efficiency.

Современные световые приборы (СП) подвергаются воздействию широкого спектра дестабилизирующих факторов, в том числе механических, тепловых, электромагнитных и т.д. Помимо представленных физических процессов, оказывающих влияние на надежность и параметры работоспособности СП, существует взаимодействие их конструктивных элементов (светодиоды (СД), драйверы, электроизоляционные изделия, оптические элементы и пр.), усложняющее оценку определенных режимов функционирования и, в конечном счете, способное привести к появлению различных отказов. Для защиты от этих воздействий может потребоваться изменить способы крепления и конструкцию отдельных элементов, добавить новые конструктивные элементы (радиаторы, экраны, ребра жесткости и т.д.), данные мероприятия практически всегда требуют переразмещения компонентов и, следовательно, должны быть учтены на соответствующем этапе проектирования СП.

Проблема теплового режима СП является одной из важнейших при их конструировании. Существует тенденция к уменьшению массовых и

габаритных параметров СП, что приводит к возрастанию удельного тепловыделения, и, следственно, важности обеспечения температурного режима функционирования [1-2]. Правильно подобранный тепловой режим является важнейшим условием обеспечения работоспособности современных электронных устройств. Тепловой режим СП определяет его область применения, надежность и долговечность работы, является одним из факторов, исходя из которых выбираются начальные параметры оптической системы, конструктивная схема и габаритные размеры СП. Работа СП происходит в условиях как внешних (со стороны окружающей среды, объекта размещения и т. д.), так и внутренних (тепловыделения в элементах) тепловых воздействий. Вопросы теплового режима становятся очень важными при разработке новых конструкций с применением современных материалов и ИС с высокой удельной мощностью. Эта проблема актуальна для технологического производства любого уровня и требует применения передовых технологий.

Мощности тепловыделения в СП напрямую зависят от их токов и напряжений, а температура воздуха и корпуса оказывает влияние на его параметры, учет этого влияния особенно важен для СД. С другой стороны, для СД и материалов СД модулей существуют довольно жесткие ограничения по диапазону рабочих температур, нагрев СД также отрицательно сказывается на показателях надежности всего СП. Для современных СП отклонение температуры от заданных диапазонов может привести к необратимым структурным изменениям элементов (СД и драйверов), диэлектрических свойств материалов, ускорить коррозию материалов либо повысить их хрупкость. Часто требования к тепловому режиму приводят к необходимости использования систем охлаждения, исполнение которых во многом определяют конструкцию самого прибора, зачастую выполняя функции корпуса и несущего элемента прибора.

При проектировании СП с точки зрения теплового режима, необходимо учитывать не только собственную температуру элемента, но и влияние тепловых полей остальных элементов, коэффициент линейного расширения, теплопроводность и теплоемкость материалов.

Неверный выбор и размещение элементов приводят к негативному тепловому режиму всего СП. В большинстве случаев причиной проблем выхода из строя СД и СП на их основе является перегрев вследствие повышения рассеиваемой мощности. Перегрев электронных компонентов ухудшает рабочие характеристики и снижает надежность устройств. В то же время экспериментальная проверка работоспособности всего прибора

довольно дорога, а зачастую невозможна не только по экономическим, но и по конструктивным соображениям.

## Источники

1. Байнева И.И. Светодиодные светильники для систем производственного освещения // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2019. № 5 (266). С. 54-60.

2. Байнев В.В. 3D-моделирование и прототипирование в светотехническом производстве // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73. № 2. С. 51-55.

УДК 519.67/ББК 332.85

# МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ В ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Ирина Ивановна Байнева[1], Антон Валерьевич Кузяков[2],
Вадим Иванович Шкарин[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
baynevaii@rambler.ru,

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию численных методов моделирования трассировки лучей в оптических системах. Проанализированы трудности и возможности организации процедур трассировки лучей методами компьютерных технологий моделирования, в частности, при проектировании изделий светотехники.

**Ключевые слова:** исследование, светодиод, принцип, метод, моделирование, программное обеспечение.

# METHODS OF COMPUTER SIMULATION BEAM TRACING IN OPTICAL SYSTEMS

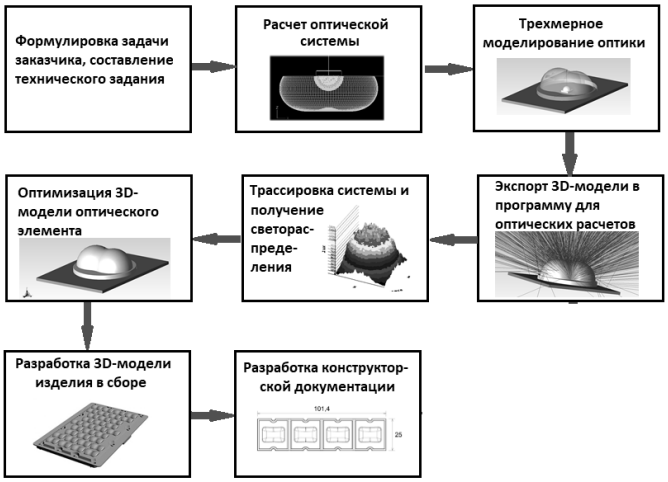
Irina Ivanovna Bayneva, Anton Valerievich Kuzyakov, Vadim Ivanovich Shkarin

**Annotation:** The article is devoted to the study of numerical methods for modeling ray tracing in optical systems. The difficulties and possibilities of organizing ray tracing procedures by methods of computer simulation technologies, in particular, in the design of lighting products, are analyzed.

**Key words:** research, LED, principle, simulation, software.

Сейчас мировые и российские производители светотехники занимаются разработкой новых наиболее энергоэффективных светодиодных световых приборов и источников света [1-4]. Многие из них все активнее начинают использовать программное обеспечение для моделирования оптических процессов (рис.). Важную роль здесь играют компьютерные технологии моделирования и математические методы, лежащие в их основе.

При обычном итерационном подходе проектирование изделий светотехники, включающей светодиоды (СД), сопряжено с определенными проблемами, решение которых требует изготовления дорогостоящих прототипов (стоимость - 10-100 тыс. долл.), а также затрат времени. Таким образом, использование соответствующего программного обеспечения снижает издержки на разработку на 30-50%. Такое программное обеспечение может создавать геометрическую модель или же импортировать геометрию из традиционных CAD-пакетов.




Алгоритм разработки светодиодной оптики с применением компьютерных технологий

Далее следует процедура - придание свойств источникам света, поверхностям и материалам. Другая важная особенность - полностью 3-мерная визуализация изделий, источников света, траекторий лучей с отображением «интенсивности» их потока. Помимо этого, результаты расчета распространения энергии в системе могут быть представлены в виде таблицы.

Такие программные средства основаны на разных принципах, не все разработчики программного обеспечения открывают методы и принципы, заложенные в их продуктах.

Многие системы слишком сложны для исследования влияния неопределенности с использованием аналитических методов. Однако такие системы можно исследовать, если рассматривать входные данные в виде случайных переменных, повторяя большое количество вычислений N (итераций), для получения результата с необходимой точностью.

## Источники

1. Байнева И.И. Оптимизация и энергосбережение в освещении // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2018. № 7 (256). С. 43-47.

2. Bayneva I.I. Led Light Computer Simulation and Design on Solar Battery // International Journal of Engineering & Technology (UAE), 2018, 7 (4.36). P. 910-913.

3. Байнева И.И. Инновационные решения в системах управления освещением // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2019. № 1 (262). С. 15-19.

4. Baynev V.V., Fedosin S.A. Simulation and study of optical systems based on LEDs // Acta Technica. 2018, 6(63), pp. 897–902.

УДК 628.9:621.382.2

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП-РЕТРОФИТОВ

Ирина Анатольевна Баринова[1], Андрей Эдуардович Ворожейкин[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск
[1]barinovastf@yandex.ru, [2]vorozhejkin.1998@mail.ru

**Аннотация:** В данной работе рассматриваются современные светодиодные лампы с резьбовым цоколем различного конструктивного исполнения и описываются методики проведения и результаты исследований их энергетической эффективности.

**Ключевые слова:** матричная светодиодная лампы, филаментная лампа, радиатор, колба, филаментная нить, светодиод, энергетическая эффективность, минимальные нормированные значения световой отдачи.

# ENERGY EFFICIENCY OF LED RETROFIT LAMPS

Irina Anatolyevna Barinova, Andrey Eduardovich Vorozheikin

**Annotation:** In this paper, we consider modern led lamps with threaded cap of different design and describe the methods and results of research of their electrical characteristics.

**Keywords:** matrix LED lamps, filament lamp, heat sink, bulb, filament, LED, energy efficiency, minimum standardized luminous efficacy values.

Требования к энергетической эффективности ламп общего назначения устанавливаются в зависимости от их вида и их номинальной мощности согласно постановлению Правительства РФ от 10.11.2017 №1356 [1].

При этом:

а) филаментные светодиодные лампы (СФЛ) с опаловыми и молочными колбами должны соответствовать минимальным нормированным значениям световой отдачи не менее чем на 90 и 80 % соответственно;

б) светодиодные лампы (СДЛ) без встроенных устройств управления должны соответствовать минимальным нормированным значениям световой отдачи, умноженным на коэффициент 1,1;

в) СДЛ с индексом цветопередачи не менее 90 должны соответствовать минимальным нормированным значениям световой отдачи не менее чем на 90 %.

Применение требований [1] к осветительным устройствам осуществляется в два этапа: этап 1 – с 1 июля 2018 г. по 31 декабря 2019 г., этап 2 – с 1 января 2020 г.

В настоящей работе были проведены исследования энергетической эффективности светодиодных ламп различных производителей, отличающихся по конструктивному исполнению. Для эксперимента были выбраны СДЛ и СФЛ с цоколем Е27 мощностью 5, 7 и 10 Вт различных производителей (*«Космос», «Camelion», «REV», «Экономка LED», «General», «Ecola», «Inhome»*) (рис.).

Исследуемые лампы

В качестве экспериментальной установки использовался метрологический комплекс для измерения спектральной плотности излучения традиционных источников света, осветительных приборов на их основе, осветительных приборов на основе полупроводниковых.

Все эксперименты проводились при испытательном напряжении, за которое принималось номинальное напряжение. Лампы исследовались в вертикальном положении горения «цоколем вверх».

Расчеты энергетической эффективности ламп представлены в таблицах 1 – 2.

Таблица 1

Расчет световой отдачи для СДЛ

| Производитель | Измеренная мощность, Вт | Измеренный световой поток, лм | Номинальная мощность, Вт | Минимальные нормированные значения световой отдачи, лм/Вт | | Расчетная световая отдача, лм/Вт | Расчетная световая отдача с учетом коэффициента 1,1, лм/Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Этап 1 | Этап 2 | | |
| Космос | 10 | 700 | 10 | 80 | 95 | 70 | 77 |
| Космос | 10 | 970 | | | | 97 | 106 |
| Космос | 6,0 | 284 | 7 | 80 | 95 | 47 | 52 |
| *Camelion* | 6,5 | 386 | | | | 59 | 65 |
| *REV* | 3,5 | 923 | 5 | 80 | 95 | 263 | 290 |
| Экономка *LED* | 3,5 | 325 | | | | 92 | 102 |

Таблица 2

Расчет световой отдачи для СФЛ

| Производитель | Измеренная мощность, Вт | Измеренный световой поток, лм | Номинальная мощность, Вт | Минимальные нормированные значения световой отдачи, лм/Вт | | Расчетная световая отдача, лм/Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Этап 1 | Этап 2 | |
| *General* | 7,1 | 644 | 10 | 93 | 110 | 90 |
| *Ecola* | 8,1 | 981 | | | | 121 |
| *REV* | 5,7 | 394 | 7 | 99 | 117 | 69 |
| *Inhome* | 3,6 | 955 | | | | 265 |
| *Inhome* | 3,4 | 321 | 5 | 103 | 122 | 94 |
| *Inhome* | 3,4 | 963 | | | | 283 |
| *Inhome* | 3,4 | 591 | | | | 173 |

Результаты расчета световой отдачи показали, что только 3 из 6 исследуемых СДЛ соответствуют требованиям Постановления Правительства РФ от 10.11.2017 № 1356 [1]. Вышеуказанным требованиям по световой отдаче соответствует также и не все СФЛ. Однако многие из них показывают очень большие значения световой отдачи (265, 283 лм/Вт).

## Источники

1. Постановление Правительства РФ №1356. Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения. Утвержден 11.10. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.consultant.ru

УДК628.932.3:621.382.2/ББК32

# О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ СЕТИ LI-FI

Владислав Сергеевич Вязанкин, [1] Светлана АнатольевнаАмелькина[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск
[1]vlad.viazankin@yandex.ru, [2]amelkinas@mail.ru

**Аннотация:** В статье анализируются перспективы применения многоканальных органических светоизлучающих диодов в беспроводной передаче данных сети Li-Fi, обеспечивающих сверхскоростную передачу данных, высокую безопасность, общую доступность и низкое энергопотребление.

**Ключевые слова**: Li-Fi, Wi-Fi, PureLiFi, беспроводная передача данных, светодиод.

# PROSPECTS FOR USING MULTICHANNEL ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODES FOR DATA TRANSMISSION IN THE LI-FI NETWORK

Vladislav Sergeevich Vyazankin, Svetlana Anatolievna Amelkina

**Annotation:** The article analyzes the prospects for using multi-channel organic light-emitting diodes in wireless data transmission of the Li-Fi network, providing ultra-fast data transmission, high security, General availability and low power consumption.

**Keywords:** Li-Fi, Wi-Fi, PureLiFi, wireless data transmission, led.

В настоящее время можно констатировать, что светодиоды превратились в основную элементную базу современных светотехнических приборов. *LED* обладают уникальными технологическими преимуществами и служат реальной альтернативой традиционным источникам света. Благодаря высокому быстродействию СД также и открывается возможность их применения и для более масштабных телекоммуникационных систем.

Сегодня внимание исследователей и разработчиков привлекает инновационная технология беспроводной оптической передачи данных *Li-Fi (Light Fidelity). Light Fidelity (Li-Fi)* – это новая парадигма, которая является продолжением тенденции перехода к более высокочастотному спектру в области беспроводной связи внутри помещений.

Идея передавать данные с использованием световых волн возникла еще в прошлом столетии, однако термин «*Li-Fi*» впервые был употреблен в 2011 году на всемирно известной конференции *TED* (*technology,*

*entertainment, design* ) немецким ученым Харальдом Хаасом. Он предвидел идею использования лампочек в качестве беспроводных маршрутизаторов.

Для стремительной передачи данных *Li-F*i он задействовал обычный светодиод, при этом передача безопасна и защищена. Данные передаются с помощью света, зашифрованные в едва уловимых изменениях яркости. Ученый на двух смартфонах *Casio* провел обмен данными между этими двумя телефонами с использованием света. Основной компанией, занимающейся разработкой данной технологии является компания *PureLiFi.* Также есть ряд компаний в этой отрасли: VLNComm, *OLEDComm, LightPointe, I2cat, ByteLight*, среди них присутствуют и крупные компании, такие как: *Qualcomm, Philips, Samsung, Panasonic.*

*Li-Fi* – это система связи видимого света, которая использует свет для отправки беспроводных данных, встроенных в его луч. Устройство с поддержкой *Li-Fi* преобразует луч света в электрический сигнал. Затем сигнал преобразовывается обратно в данные.

Упрощенная структурная схема беспроводной передачи данных сети *Li-Fi* содержит: белый светодиод высокой яркости, который служит источником передачи; роутер (маршрутизатор), интегрированный в устройства освещения; кремниевый фотодиод с хорошим откликом на видимый свет в качестве приемного элемента.

Информация, исходящая от Интернета, либо от сервера (компьютера, способного оказывать некоторые услуги другим компьютерам), в виде цифровых сигналов (данных) подается на вход светового драйвера (микропроцессора), в свою очередь, подключенного к источнику электропитания. Включая и выключая источник электропитания, с помощью светового драйвера, происходит высокочастотная модуляция. Возможности зрительного аппарата человека исключают восприятие мерцания диодов, а модуляционные методы передачи информации обеспечивают скорость до 10 Гбит в секунду. Лампы *Li-F*i оснащены чипом, который незначительно модулирует свет для оптической передачи данных. Данные передаются бытовыми светодиодными лампами и принимаются приемником, который обеспечивает регистрацию и преобразование светового потока в электрический сигнал, который затем расшифровывается в цифровые данные [1].

Так как наиболее распространённой системой беспроводного интернета на сегодняшний день является *Wi - Fi,* то имеет смысл сравнить с ней систему *Li – Fi*. Преимущества *Li-Fi* перед *Wi-Fi*. Во- первых - ёмкость. Данные в беспроводных сетях передаются с помощью радиоволн, которые ограничены и дороги. Во-вторых - эффективность. В-третьих -

доступность. В-четвертых - безопасность. Световые волны, в отличие от радиоволн, не проникают сквозь непрозрачные стены. С появлением *Li - Fi,* для доступа в сеть больше нет необходимости находиться в зоне действия *Wi – Fi*, и для доступа к Интернету достаточно просто найти ближайшую светодиодную лампу. Недостатки *Li - Fi*. Световой поток не может проникать сквозь стены и непрозрачные материалы. Другой недостаток заключается в том, что *Li - Fi* нормально работает только в зоне прямой видимости. Правда эта проблема возникает из - за недостатков реализации – она вполне устранима в будущем [2].

По технологии *Li-Fi* можно организовать беспроводную сеть, практически, везде: дома, в офисе торгово-развлекательном центре или на освещенной светодиодными светильниками улице. Но наиболее востребована она будет там, где сети *Wi-Fi* просто запрещены для использования. К таким местам в первую очередь относят: салоны самолетов, больницы, электростанции, нефтеперерабатывающие и химические предприятия, бензозаправочные станции. Учитывая постоянно растущий спрос на средства связи, технология *Li-Fi* имеет хорошие шансы на скорое внедрение, так как сможет сочетать освещение и беспроводную передачу данных.

Когда технология *Li-Fi* будет коммерциализирована – никто не знает. Харальд Хаас утверждает, что данная технология как нельзя лучше отвечает требованиям концепции интернета вещей *IoT* (*Internet of things*) и сможет обеспечить подключение более 20 млрд. устройств. Технология должна быть как минимум интегрирована в телефоны и ноутбуки, стать бесплатной для пользователя.

Можно сделать важный вывод: для эффективной передачи данных по беспроводным каналам необходимо совместное компромиссное использование оптических сетей и радиосетей, а глобальное расширение светодиодных технологий в освещении приближает эти перспективы.

## Источники

1. Кошелев А.Г., Родионов Д.В., Беляев М.П. «Беспроводная технология связи Li-fi на основе многоканального органического светоизлучающего диода» – «Воздушно-космические силы. Теория и практика»2019.

2. Rani J., Chauhan P., Tripathi R. «Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication». International Journal of Applied Engineering Research. ISSN 0973-4562. 2012. V.7 No.11.

УДК 628.971.6:625.712/ББК32

# ЭТАПЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ

Сергей Владимирович Гаврилин[1], Светлана АнатольевнаАмелькина[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск
[1]ghavrilin@inbox.ru, [2]amelkinas@mail.ru

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются этапы градостроительного анализа при создания концепции освещения городских пространств на примере площади, где расположено здание Дома Республики в городе Саранске.

**Ключевые слова:** градостроительный анализ, архитектурное наружное освещение, компьютерный монтаж сечения геонимов, план-схема, концепция освещения.

# STAGES OF URBAN PLANNING ANALYSIS WHEN DEVELOPING THE CONCEPT OF LIGHTING URBAN SPACES

Sergey Vladimirovich Gavrilin, Svetlana Anatolievna Amelkina

**Annotation:** This article discusses the stages of urban planning analysis when creating the concept of lighting urban spaces on the example of the square where the building of the House of the Republic is located in the city of Saransk.

**Keywords:** urban planning analysis, architectural outdoor lighting, computer installation of geonyms cross-section, plan-scheme, lighting concept.

При разработке концепции освещения градостроительный анализ необходим, для того чтобы вписать объекты в общий образ города, гармонично их соединить в единое целое.

В качестве объекта городского пространства и проведения градостраительного анализа при разработке концепции освещение историчсекого центра города Саранск была выбрана центральная площадь города Саранска, где находится здание Дома Республики, по адресу г. Саранск, ул. Советская 35.

Градостроительный анализ при создании концепции освещения состоит из трёх этапов: анализ проектируемого фрагмента с учётом окружающего в общей структуре города и выявление внешних связей; анализ элементов проектируемого фрагмента и выявление внутренних связей; формирование выводов по проделанному анализу [1].

На основе эталона концепции архитектурно-художественного освещения фрагмента городской среды, принятого в 2014 году [1] на первом этапе создается план-схема расположения проектируемого фрагмента на карте города и выявлением на ней видовых точек.

Далее создаётся план-схема анализа проектируемого фрагмента при нескольких уровнях восприятия для каждой из видовых точек (в дневное время и ночное время), затем производится их сравнение. Пример сравнения дневного и ночного облика объекта с разных уровней для видовой точки один представлен на рис. 1.

Рис. 1. Сравнение обликов проектируемого фрагмента с нескольких уровней восприятия с видовой точки 1 в дневное и ночное время

Для определения роли проектируемого фрагмента в пространственной структуре города выполняется компьютерный монтаж сечения геонимов, которые представляют чёрно-белые фотографии, сделанные с нескольких уровней восприятия. Данный монтаж также выполняется с нескольких уровней восприятия для каждой из видовых точек в дневное время и ночное время, после чего происходит их сравнение. Пример сравнения компьютерного монтажа сечений геонимов для нескольких уровней восприятия с видовой точки один в дневное и ночное время представлен на рис. 2. В ходе данного этапа необходимо установить какие объекты в поле зрения могут привлекать внимание наблюдателя, которым в проектируемом фрагменте является рекламная вывеска ювелирного магазина, которая видна с видовой одной из видовых точек.

На втором этапе создаётся план-схема иерархизации элементов, проектируемого фрагмента и план-схема иерархизации существующего освещения. Основными элементами проектируемого фрагмента являются здание Дома Республики, прилегающие к нему ландшафтная зона и Советская площадь. К объектам, входящим в проектируемый фрагмент, являются Городская Администрация города Саранска, здания Саранского епархиального управления и Детской художественной школы № 1 им. П.

Ф. Рябова, а также Фонтанный спуск к Парку Культуры и Отдыха им. А. С. Пушкина.

Рис. 2. Сравнение компьютерного монтажа сечений геонимов для нескольких уровней восприятия с видовой точки один в дневное и ночное время

Наружное архитектурное освещение зданий, входящих в проектируемый фрагмент, практически отсутствует, кроме здания Дома Республики. Можно заметить, что наружное архитектурное освещение Дома Республики выполнено прожекторами, находящимися в близи здания, что создаёт «пятнистость» заливающего освещения..

Исходя из компьютерного монтажа сечений геонимов, можно сделать выводы, что здание Дома Республики имеет пространственную связь с прилегающими к нему Советской площадь, улицей Льва Толстого, проспектом Ленина и ландшафтной зоной вблизи здания. Таким образом, при разработке наружного архитектурного освещения здания Дома Республики необходимо также продумать утилитарное освещение Советской площади, улицы Льва Толстого и проспекта Ленина, а также ландшафтное освещение зоны, примыкающей к объекту.

## Источники

1. Разработка эталонов технических заданий, концепции архитектурно-художественного, ландшафтного освещения фрагмента городской среды, и проектной документации архитектурно-художественного освещения монообъекта: в 3т. / ГУП «Главное архитектурно-планировочное управление Москмомархитектуры» М: 2014. Т. 1 и Т 2: Эталон концепции архитектурно-художественного освещения фрагмента городской среды.

УДК 628.973.3:688.742.5/ББК32

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕН ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Ксения Алексеевна Дупленкова, [1] Светлана Анатольевна Амелькина[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск
[1]kdup97@mail.ru, [2]amelkinas@mail.ru

**Аннотация:** В данной статье проведен анализ реализации сцен естественного, искусственного и совмещенного освещения школьного помещения в двух программах компьютерного моделирования DIALux 4.13 и Relux с целью обоснования использования систем управления освещением.

**Ключевые слова:** проект освещения, естественное освещение, совмещенное освещение, искусственное освещение, моделирование освещения.

# MODELING LIGHTING SCENES TO JUSTIFY THE USE OF A LIGHTING CONTROL SYSTEM

Ksenia Alekseevna Duplenkova, Svetlana Anatolievna Amelkina

**Annotation:** This article analyzes the implementation of scenes of natural, artificial and combined lighting of school premises in two computer modeling programs DIALux 4.13 and Relux in order to justify the use of lighting control systems.

**Keywords:** lighting project, natural lighting, combined lighting, artificial lighting, lighting simulation.

Целью данной исследовательской работы было обоснование целесообразности использования систем управления освещением путем моделирования сцен естественного, искусственного и совмещенного освещения. Для получения корректного результата моделирование осуществлялось в двух программах: DIALux 4.13 и Relux.

При разработке сцен искусственного освещения для создания освещенности 400 лк [1] потребовалось 9 светодиодных светильников мощностью 40 В т со световым потоком 4200 лм.

Для моделирования естественного освещения были приняты следующие исходные данные: учебный класс находится в г. Саранск, его окна выходят на восток, облачность средняя, даты – 15 октября, 15 января, 15 апреля, время – 11:00, 13:00, 15:00. Даты и время были выбраны исходя из сроков учебного года и расписания занятий учащихся.

Результаты моделирования сцен естественного освещения на трех рядах парт в разное время представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения средней освещенности сцен естественного освещения

| Время | Освещенность, лк | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Relux* | | | *DIALux* 4.13 | | |
| | 1 ряд | 2 ряд | 3 ряд | 1 ряд | 2 ряд | 3 ряд |
| 15.10.19 | | | | | | |
| 11:00 | 768 | 202 | 98 | 948 | 254 | 135 |
| 13:00 | 722 | 179 | 78,3 | 577 | 174 | 97 |
| 15:00 | 400 | 120 | 58,2 | 368 | 123 | 71 |
| 15.01.20 | | | | | | |
| 11:00 | 403 | 100 | 43,6 | 377 | 89 | 44 |
| 13:00 | 421 | 104 | 45,7 | 405 | 121 | 67 |
| 15:00 | 203 | 50,2 | 22 | 189 | 61 | 35 |
| 15.04.20 | | | | | | |
| 11:00 | 1170 | 288 | 126 | 1195 | 304 | 161 |
| 13:00 | 1190 | 312 | 151 | 1211 | 262 | 129 |
| 15:00 | 718 | 226 | 99 | 722 | 210 | 116 |

Получившееся значение освещенности на третьем ряду парт, как минимум, в пять раз ниже, чем на первом. За четыре часа с 11:00 до 15:00 освещенность в классе упала в два раза. И, несмотря на то, что на первом ряду освещенность практически равна нормированному значению, третьему ряду парт необходимо включить дополнительное освещение.

Значения средней освещенности, полученные при моделировании сцен совмещенного освещения на трех рядах парт в разное время, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значения средней освещенности сцен совмещенного освещения

| Время | Освещенность, лк | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Relux* | | | *DIALux* 4.13 | | |
| | 1 ряд | 2 ряд | 3 ряд | 1 ряд | 2 ряд | 3 ряд |
| 15.10.19 | | | | | | |
| 10:00 | 1230 | 702 | 526 | 1348 | 709 | 537 |
| 13:00 | 1200 | 693 | 522 | 978 | 628 | 500 |
| 15:00 | 758 | 597 | 468 | 769 | 577 | 474 |
| 15.01.19 | | | | | | |
| 10:00 | 838 | 586 | 464 | 778 | 544 | 447 |
| 13:00 | 857 | 591 | 465 | 806 | 576 | 470 |
| 15:00 | 630 | 535 | 443 | 589 | 516 | 438 |
| 15.04.19 | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10:00 | 1630 | 781 | 542 | 1595 | 716 | 532 |
| 13:00 | 1670 | 816 | 578 | 1611 | 758 | 564 |
| 15:00 | 1170 | 747 | 547 | 1120 | 664 | 521 |

Благодаря полученным результатам моделирования освещения произвели расчет того на сколько процентов в разное время дня необходимо включать светильник. Результаты представлены в таблице 4. При расчете использовались усредненные значения двух программ.

Таблица4

Процент, на который необходимо включать светильники

| Время | % | | |
|---|---|---|---|
| | 1 ряд | 2 ряд | 3 ряд |
| 15.10.19 | | | |
| 10:00 | 0 | 40,25 | 69,38 |
| 13:00 | 0 | 51,50 | 74,50 |
| 15:00 | 10 | 69,88 | 84,50 |
| 15.01.20 | | | |
| 10:00 | 0 | 75,38 | 88,38 |
| 13:00 | 0 | 70,75 | 85,38 |
| 15:00 | 48,5 | 85,25 | 92,18 |
| 15.04.20 | | | |
| 10:00 | 0 | 29,5 | 68,00 |
| 13:00 | 0 | 19,88 | 59,50 |
| 15:00 | 0 | 40,25 | 68,75 |

Полученные результаты, позволили сделать вывод, что использование светильников на 100% в течение всего учебного дня экономически неэффективно, помимо этого одновременная их работа дает плохую равномерность по классу, что негативно сказывается на физическом и психологическом состоянии учащихся [2-4]. Для решения этой проблемы эффективнее всего установка светильников с функцией плавного управления и датчиков освещенности.

## Источники

1. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Взамен СНиП 23-05-95; введ. 08-05-2017. Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; М.: Минстрой России, 2016. 95 с.

2. Бальжинимаева Э. С. Биологическое влияние видимого света на организм человека // Интернаука. 2018. С. 9–11.

3. Щербенёва А. А., , Ященко С.Г., Рыбалко С.Ю. Влияние видимого света на жизнедеятельность человека // Техногенные системы и экологический риск. Тезисы докладов I международной (XIV региональной) научной конференции. 2017. С. 237.

4. Амелькина С.А., Железникова О.Е., Синицына Л.В. Эффективность светодиодного освещения. Изд. Афанасьев В.С.: Саранск. 2014, 200 с.

УДК 621.373.826:636

# ЛАЗЕР ДЛЯ ПИТОМЦА

Ольга Андреевна Коняева[1], Юлия Алексеевна Журавлёва[2],
Светлана Анатольевна Микаева[3]
1,2,3ФГБОУ ВО «МИРЭА-РТУ» г. Москва

**Аннотация:** Статья посвящена разработке устройства с использованием платы и среды разработки Arduino. Данный материал будет интересен для людей, имеющих домашних питомцев и плотный график работы.

**Ключевые слова:** самоуправляемый лазер, плата Arduino, сервопривод, скетч, питомец.

## LASER FOR PET

Olga Andreevna Konyaeva, Yulia Alekseevna Zhuravleva,
Svetlana Anatolievna Mikaeva

**Abstract:** The article is devoted to the development of a device using the Arduino board and development environment. This material will be interesting for people with pets and a busy work schedule.

**Keywords:** self-guided laser, Arduino board, servo, sketch, pet.

Почти у каждого человека есть домашний питомец, который требует ухода за собой. Помимо того, что необходимо его кормить, также следует уделять время на игры, в точности как маленькому ребенку. Но в связи с тем, что жизнь человека в настоящее время очень насыщена различными делами, мы уделяем внимания питомцам, как привило, недостаточно.

Для решения данной проблемы был разработан самоуправляющий лазер. Разработанное устройство состоит из следующих составляющих: плата *Arduino Uno*, два сервопривода, лазерный светодиод, провода «папа-папа», распределительная коробка, пластиковый кронштейн для сервоприводов. Используя провода «папа-папа». соединяем их к цифровым пинам и деталям, в точности, как на схеме сборки (рис.1) [1, 2].

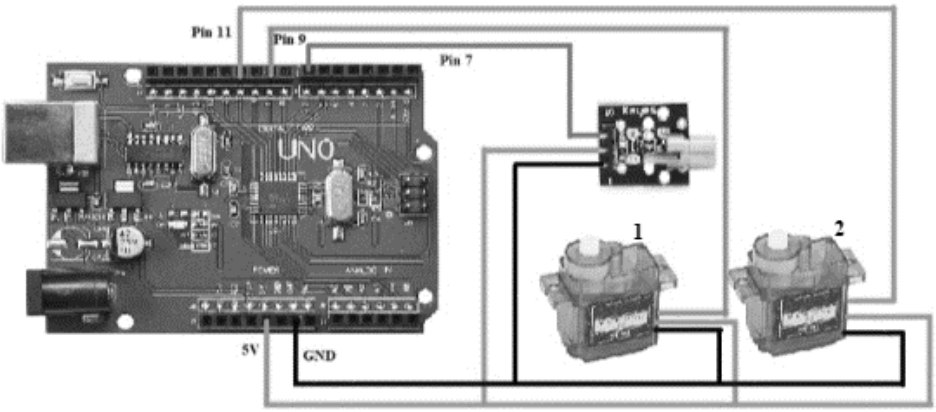



Рис.1. Схема сборки лазера

После сборки схема, была написана программа управления лазером в *Arduino*. Программа управления содержит код, который будет описывает повороты наших двух сервоприводов, подсоединенных к плате *Arduino Uno* к компьютеру через *USB*. После этого был загружен скетч и устройство начинает движение. Для того чтобы постоянно не подключать лазер к ПК, можно купить отдельно блок питания, подключаемый в розетку. В результате работы был получен самоуправляемый лазер, который играет с домашним питомцем за нас, не отвлекая от важных дел (рис. 2 и 3).

Рис. 2. Лазер для питомца

Рис.3. Домашний питомец играет с лазером

## Источники

1. Монк С. Программируем Arduino. Основы работы со скетчами. 2016г.
2. Ревич Ю. Занимательная электроника. 2015г.

УДК 621.8.035

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТОФОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Изатулло Шомуродович Махмудов
«ТНУ», г. Душанбе
mahmud_1967@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы моделирования и проектирования возможности создания новой модели транспортно-пешеходного светодиодного светофора с использованием компьютерного программного комплекса SPLAN.

**Ключевые слова:** проектирование, компьютерное моделирование, исследование, разработка, светодиод, светодиодный светофор.

# DESIGN AND COMPUTER SIMULATION OF LED TRAFFIC LIGHTS USING A COMPUTER SOFTWARE PACKAGE

Izatullo Shomurodovich Makhmudov

**Annotation:** The article discusses the issues of modeling and designing the possibility of creating a new model of a transport and pedestrian led traffic light using the SPLAN computer software package.

**Keywords:** design, computer modeling, research, development, led, led traffic light.

Инженерная наука является одним из важнейших направлений в области науки и техники. В последние годы ряд новых современных приложений в области электротехники, электроники и схемотехники для моделирования, синтеза, исследования, проектирования электронных схем, проектирования электронных элементов и электронных приборов были разработаны и представлены рядом программистов, инженеров-электронщиков и компьютерных техников.

Одним из таких видов инновационных программ, которые в основном используются для проектирования, моделирования электронных схем и электронных устройств, является программа *SPLAN*. Инновационная программа *SPLAN* относится к группе систем автоматизированного проектирования (САПР). В связи с этим предлагаемая работа относится к светотехническим устройствам, и целью данной работы является разработка и компьютерное моделирование светофорных блоков с использованием программного комплекса *SPLAN*. Известно, что светофоры уже более века используются в народном хозяйстве для обеспечения безопасности дорожного движения.

Однако в последние годы в этих устройствах был заменен только источник света, т.е. светодиодная технология заменила лампы накаливания, но конструкция светофора осталась прежней. Большинство компаний выпускают различные модели светофоров, например, многие светофоры диаметром 300 мм используют дополнительный блок индикации времени, что требует дополнительных затрат.

В работе [1] подробно описана модернизация и замена светофоров старого образца на новые модели со светодиодными источниками света. В данной работе с использованием компьютерного программного комплекса моделируется конструкция светодиодных светофорных блоков, а также рассматривается возможность создания новых моделей светофоров. На рис. 1 приведены результаты моделирования светофоров диаметром 300 мм с использованием дополнительного блока индикации с обратным отсчетом времени.

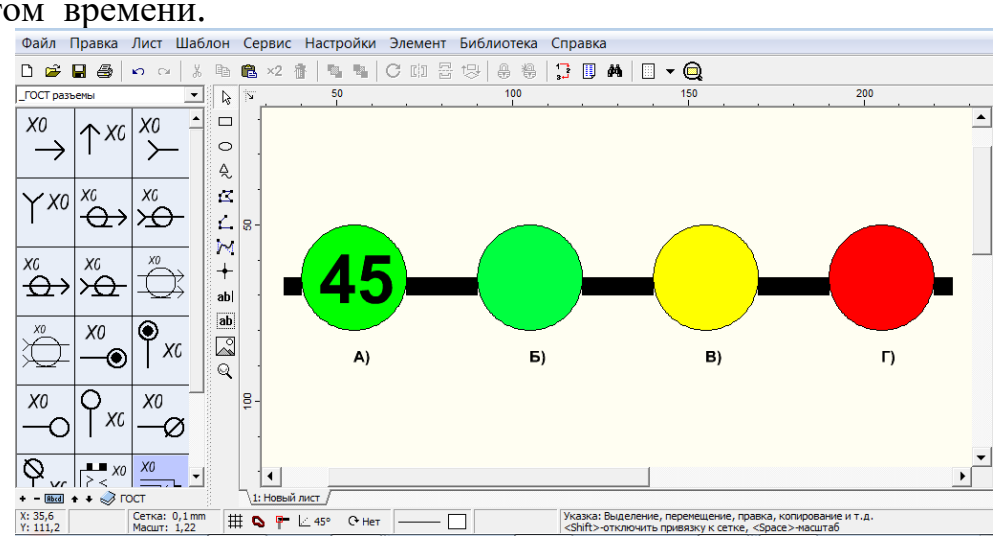



Рис. 1.В двуцветные – по зеленому и красному сигналу светофора табло обратного отсчета времени 300мм (*а*); зеленый блок 300 мм (*б*); желтый блок 300 мм (*в*); красный блок 300мм (*г*) .

Как видно из рисунка (*а*) обратный отсчет для зеленого и красного светофоров рассчитан на 45 секунд а для желтого на 03 секунды что соответствует правилам дорожного движения. Возможно изменение электронного табло на светофорах в зависимости от расположения участка дороги. На рис. 2 показано моделирование блока светофора размером 400 мм, который не требует дополнительного блока обратного отсчета.

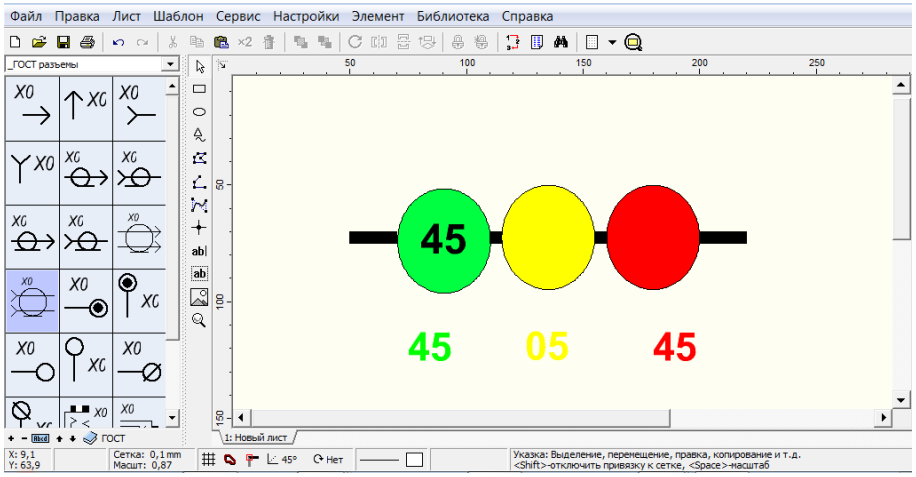



Рис. 2 зеленый блок 400мм (45); желтый блок 400 мм (05); красный блок 400 мм (45)

Как видно из рис. 2 для светофорных блоков размером 400мм аналогично обратный отсчет для красного и зеленого светофоров рассчитан на 45, а для желтого на 05, что соответствует правилам дорожного движения. Таким образом, на основе анализа проделанной работы можно сделать вывод, что с помощью таких компьютерных программ планируется построить современные модели транспортных и пешеходных светодиодных светофоров.

## Источники

1. Махмудов И.Ш. Проектирование и разработка осветительного устройства для исследования и испытания энергосберегающих технологий // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники. 2 Всероссийская научно-практическая конференция (Казань, 18-19 марта 2020 г. С. 242-246.

УДК 621.311

# О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Булат Маратович Салахутдинов[1], Равиль Рафисович Шириев[2],
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]bulat110@mail.ru, [2]shrr@list.ru

**Аннотация:** В статье предложены различные методы повышения эффективности солнечных панелей при помощи внедрения новых материалов. Выявляются факторы, связанные с неконкурентоспособностью солнечной энергии с основными источниками энергии. Приводятся объяснения к каждому материалу фотоэлементов с анализом их достоинств и недостатков.

**Ключевые слова:** солнечная энергия; повышение эффективности; материалы фотоэлемента.

# IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOLAR BATTERIES

Bulat Maratovich Salakhutdinov, Ravil Rafisovich Shiriev

**Annotation:** The article proposes various methods for increasing the efficiency of solar panels by introducing new materials. The factors associated with the non-competitiveness of solar energy with the main energy sources are identified. An explanation is given for each material of the photocells with an analysis of their advantages and disadvantages.

**Key words:** solar energy; increased efficiency; photocell materials.

Солнечные батареи все больше распространяются в современном мире благодаря своей общедоступности и неисчерпаемой солнечной энергии, а также из-за ее экологичности. Но также имеется причины, по которым гелиоэнергетика пока не может превзойти традиционные способы получения электрической энергии, например, высокая стоимость и низкий КПД солнечных панелей, географическое расположение солнечных батарей, неспособность получать энергию в темное время суток, а также при плохих погодных условиях.

В наше время необходимо новые способы и устройства, а также пути повышения эффективности солнечных станций, позволяющих максимально эффективно преобразовать энергию Солнца в электричество. Ведутся работы, а именно, усовершенствуют и получают новые материалы. Это является одним из способов повышения эффективности солнечных панелей, направленных на увеличение КПД и уменьшение стоимости.[1]

Выбор материалов фотоэлемента является важным фактором, так как от него зависит КПД системы. Наиболее распространёнными являются модули, изготовленные по двум основным технологиям: из

монокристаллического кремния и поликристаллического кремния, а также диселенид палладия.

В монокристаллическом кремнии присутствие примесей очень мало, он представляет собой «чистый» кремний. Его структура напоминает соты. В солнечных панелях используются пластины толщиной до 300 мкм. [2] Достоинства: высокий КПД – около 20%. Недостатки: Высокая стоимость технологии выращивания кристаллов.

Поликристаллический кремний имеет более низкое качество по сравнению с монокристаллическим. Кристаллы в нем направлены в разные стороны, а зерна не параллельны. Поэтому неоднородная структура препятствует эффективному преобразованию солнечной энергии. Достоинства: технология производства менее затратная, чем монокристаллический кремний. Недостатки: низкий КПД – до 18%.

Появление плёночных солнечных панелей (Рис. 1) – один из важнейших шагов развития в сфере повышения эффективности фотоэлементов. Различают батареи на основе теллурида кадмия, а также селенида меди-индия. Полимерные солнечные панели являются новым видом, изготовленные из полимерных материалов, таких как полифенилен, фуреллены, фталоцианин меди.

Плёночные солнечные панели

Достоинства: широкий спектр поглощаемого солнечного излучения; высокий КПД – около 20%, низкая стоимость; доступность материалов, низкая себестоимость, отсутствие вредных испарений. Недостатки: низкий КПД – около 10%, ядовитость материала и нету единого технологического процесса, пригодного для массового производства.

Таким образом, одним из решений по части применения новых материалов самым передовым является использование пленочных панелей на основе селенида меди-индия, в случаи развитии данной технологии широкого производства этого материала принесет не малые успехи в

повышении эффективности систем солнечных панелей. Описанные материалы обладают общей целью: повысить эффективность солнечных панелей, чтобы сделать их более конкурентоспособными и доступными, обеспечить эффективную окупаемость, уменьшить использование ископаемых источников топлива в пользу солнечной энергии, решить проблему дефицита ресурсов.

## Источники

1. Ахметшин А.Т., Ярмухаметов У.Р. Повышение эффективности солнечных фотоэлектрических установок для децентрализованного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 8. С.150-156.

2. Кашкаров А.А. Солнечные батареи и модули как источники питания // Современная электроника. 2015. № 5. С. 8-15.

УДК 681.51

# ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ КАК МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Александр Евгеньевич Сидоров[1], Расиль РамилевичАбдрашитов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]asidorini@rambler.ru, [2]rasil-abdrashitov@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы современных методов неразрушающего контроля, обеспечивающие диагностирование по состоянию оборудования. Рассмотрены вопросы отказов парка электрооборудования, даны рекомендации по оцениванию современными методами состояния силового оборудования станций и подстанций.

**Ключевые слова:** трансформатор, диагностика, потери, электроэнергия.

# DIAGNOSTICS AND MONITORING AS A METHOD TO REDUCE ELECTRICITY LOSSES

Alexander Evgenevich Sidorov, Rasil Ramil Abdrashitov

**Abstract:** the article deals with the issues of modern methods of non-destructive testing that provide diagnostics based on the condition of equipment. The issues of failures of the electric equipment fleet are considered, recommendations are given for evaluating the state of power equipment of stations and substations using modern methods.

**Keywords:** transformer, diagnostics, losses, electric power.

Определение «Диагностика» нормирована понятиями «техническая диагностика» и «техническое диагностирование». Диагностика – это знания, методы, теория выявления технического состояния оборудования. Диагностирование – это определение соответствия технического средства требованиям технической документации.

Не так давно возникло определение «мониторинг», который обозначает контроль параметров силового оборудования с установленной степенью регулярности. Главная задача диагностики – определить остаточный ресурс работы силового оборудования. Другими словами, выявляется необходимость и возможность дальнейшей эксплуатации электроустановки.

На сегодняшний день, вопреки тому, что вопрос диагностики изучается всеми структурами энергетической отрасли, нет универсальных методик выявления повреждений и дефектов, появляющихся в ходе эксплуатации силового оборудования станций или подстанций. Это

обуславливает трудности в классификации дефектов и, следовательно, появляются новые вопросы о применимости существующих методик технического контроля и диагностирования.

Главной причиной отказа трансформатора является изменение геометрии обмоток (деформация обмоток). Деформацией является изменение формы обмоток силовых трансформаторов, появляющихся вследствие воздействия электродинамических токов короткого замыкания на обмотку.

На данном этапе развития электроэнергетики имеется множество методик диагностирования силового оборудования, многие организации используют, так называемые «нормативные методы диагностики». К ним относятся: измерение сопротивления изоляции обмоток, анализ газов изолирующего масла, определение тангенса диэлектрических потерь и другие. Эти измерения обладают рядом недостатков, а именно критерии оценивания технического состояния трансформатора определены строением самого трансформатора, вследствие чего эти критерии нельзя применять как универсальные. Хроматографический анализ, растворенных газов имеет инерционность, поэтому его использование может привести к несвоевременному обнаружению дефекта и, следовательно, к аварии. Для выполнения многих нормативных методов диагностирования необходимо полное гашение силового оборудования, что неприемлемо в нынешних экономических условиях. Так как основной парк силового оборудования преодолел свой рассчитанный срок службы, некоторые нормативные методы являются весьма неэффективными и не учитывают превышение срока службы оборудованием.

Испытания, проводящиеся в регламентном порядке, не позволяют выявлять всех имеющихся дефектов, кроме того, они способствую принятию необоснованных решений для вывода силового электрооборудования в капитальный ремонт. Также, неприемлемо неверные решения об «удовлетворительном состоянии силового оборудования», основанных на косвенных взаимосвязях, которые могут повлечь за собой отказ электроустановки в целом.

С целью обеспечения бесперебойной работы силового оборудования необходима реализация дополнительных методик диагностирования и мониторинга в режиме реального времени. Это достигается путем установки оборудования по измерению и контролю параметров трансформатора, таких как: температура обмоток, масла, системы охлаждения и системы РПН, а также частичные разряды в изоляции. Использование дополнительных методик диагностирования и мониторинга

электроустановок вместе с нормативной методикой позволит избежать выхода из строя дорогостоящего оборудования. Применение структурированной схемы контроля технических средств позволит оперативно следить за необходимыми свойствами, что в свою очередь минимизирует экономические затраты на реализацию диагностического мониторинга. Также создание передовых экспертных систем обработки диагностической информации позволит понизить аварийность и увеличить ресурс силового оборудования.

## Источники


1. Андреев А.М., Монастырский А.Е., Соловьев Ю.В., Таджибаев А.И. Частичные разряды и методы их измерения; под ред. А.И. Таджибаева. СПб: ПЭИПК, 2010. 48 с.

2. Исмагилов Ф.Р., Потапчук Н. К., Волкова Т.Ю. Выбор проектных решений при разработке электрической части станций и подстанций: Учебное пособие / Уфимск. Гос. Авиац. Техн. Ун-т. Уфа: УГАТУ, 2014. 410 с.

3. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. РД 153-34.0-46.302-00 -М., 2001. 26 с.

4. Попов Г.В. Вопросы диагностики силовых трансформаторов / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Иваново, 2012. 176 с.

УДК 621.311

# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОСОБО ОТВЕТСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Алина Ренатовна Денисова[1], Гулфия Азаматовна Аманова [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]denisova_ar@mail.ru, [2]amanova.gulfiya@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрены проблемы надежности, их критерии и влияние ряда факторов, в результате воздействия которых надежность снижается. Для дальнейшего нормального функционирования станков с ЧПУ предложено использование стабилизаторов напряжения.

**Ключевые слова:** надежность, электрооборудование, эксплуатация, стабилизатор напряжения, напряжение.

# IMPROVING THE RELIABILITY OF CRITICAL INDUSTRIAL EQUIPMENT

Aina Renatovna Denisova, Gulfiya Azamatovna Amanova

**Annotation:** The article deals with reliability problems, their criteria, and the influence of a number of factors that reduce reliability. For further normal operation of CNC machines, the use of voltage stabilizers is proposed.

**Keyword:** reliability, electrical equipment, operation, voltage stabilizer, voltage.

Проблема надежной эксплуатации электрооборудования промышленных предприятий в Российской Федерации в настоящее время становится все более острой и значимой ввиду того, что на предприятиях используются машины и установки, функционирующие еще со времен СССР. За время работы основной фонд электрооборудования и морально и физически устарел. В наши дни работоспособность оборудования поддерживается благодаря периодическому текущему и капитальному ремонту. Однако очевидно, что использование современных энерго и ресурсосберегающих технологий более целесообразно в настоящие дни.[1]

Согласно ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения» надежность – это свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.[2] Необходимые критерии и функции к объекту предъявляются различными нормативными документами. То есть исходя из определенных условий, прописанных в документации, или в задании на оборудование, определяется перечень первоочередных функций, характеризующих надежность рассматриваемого объекта.

В настоящее время сложно представить современное производство без использования компьютеризированных систем. Одним из примеров внедрения высокотехнологичного оборудования является применение станков с ЧПУ. Оборудование с числовым программным управлением представляет собой целый комплекс для решения ряда сложных задач. Оно применяется при металлообработке большого числа заготовок с высокой скоростью и точностью, при сложнейших процессах по созданию тканей и др. [3]

В инструкциях по эксплуатации станков с ЧПУ обычно прописываются следующие требования и предостережения, касаемые сетевого напряжения:

– Электрическое питание станка: 380 В, 50 Гц;

– Погрешность входного напряжения: номинальное подаваемое напряжение - 10%;

– Стабильность напряжения и частоты тока в системе питания станка ЧПУ;

– Соответствие напряжения, указанного на маркировочной табличке станка, напряжению источника питания;

– Заземление станка по правилам;

– Гарантийный ремонт не осуществляется при порче оборудования из-за скачков напряжения в электросети.

Таким образом, производители станков оговаривают в технической документации к своему оборудованию, что входное напряжение должно быть стабильным, с погрешностью не более 10%. Если же данные требования не выполняются, то производитель не гарантирует стабильную работу оборудования и снимает с себя ответственность при его порче.

Исходя из вышеперечисленного очевидно, что для защиты от порчи дорогостоящего оборудования необходимо поддерживать номинальные характеристики напряжения, заданные производителем. Для этого мною предложена установка стабилизаторов напряжения для рассматриваемых станков с ЧПУ.

Проблемой стабильной работы станков с ЧПУ является надежность системы электроснабжения. К сожалению, в сетях промышленных предприятий часто происходят провалы напряжения, что в свою очередь нарушает работу данных станков. Станки с ЧПУ сбиваются уже при глубине провала напряжения в 15% от номинального значения и длительности более 9 мс.

Стабилизаторы напряжения используются для «сглаживания» отклонений электроэнергии в нестабильных сетях. Они измеряют

напряжение в сети, сравнивают его с эталонным значением и, в случае необходимости, подают команду исполняющим устройствам (тиристор, реле, сервопривод, транзистор) на соответствующее повышение или понижение напряжения на выходе путем коммутации соответствующего отвода автотрансформатора или соответствующего ключа (в инверторных стабилизаторах).[4]

В основе принципа работы стабилизаторов напряжения лежит использование трансформаторов, параметры которых возможно корректировать и задавать необходимые потребителю значения. Трансформаторы представляют собой электромагнитные приборы, которые предназначены для изменения в требуемых пределах характеристик переменного тока и напряжения.

Исходя из вышесказанного, мною была предложена установка стабилизаторов напряжения перед силовым щитом, от которого получает питание особо ответственное и дорогое оборудование (в рассматриваемом примере речь идет о станках с ЧПУ). Если в сети будут происходить какие-либо изменения напряжения, стабилизатор их скорректирует, и провал напряжения, к примеру, не окажет влияния на чувствительную электронику станка с ЧПУ.

## Источники

1. Рудаков А.И.,. Роженцова Н.В, Фетисов Л.В. Инновации в электроэнергетических комплексах и системах [Электронный ресурс]: учебное пособие / Электрон. текстовые дан. – Казань: КГЭУ, 2018. 147 с., 3310 Кб. Режим доступа: Электронный каталог КГЭУ. Доступно по: https://lib.kgeu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe (дата 30.10.2019 г.)

2. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения»

3. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация. Учебник для нач. проф. образования, Изд. Academia, Босинзон М. А. , 2009 г.

4. Принцип работы стабилизатора напряжения [Электронный ресурс].Доступно по URL: https://volt-net.ru/page_printsip_rabotyi_stabilizatora_napryazheniya

УДК 621.314

# УСЛОВИЯ УВЕЛИЧЕНИЯСОХРАНЕННОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАБОТЕ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В ПРИВОДЕ ЛИФТА

Аделя Шамилевна Загидуллина[1], Алла Григорьевна Логачева[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]phil.1997@mail.ru, [2]logacheva.alla@kgeu.ru

**Аннотация:** В инфраструктуре жилого многоквартирного дома лифты являются одними из самых энергозатратных устройств, для энергосбережения в котором можно использовать матричный преобразователь.В данной работе рассмотрены условия эффективной рекуперации, при выполнении которых внедрение матричного преобразователя в привод лифта будет целесообразным.

**Ключевые слова:** матричный преобразователь частоты, рекуперация энергии, энергосбережение, привод лифта, генераторный режим двигателя.

# CONDITIONS FOR INCREASING THE STORED ENERGY DURING OPERATION OF THE MATRIX FREQUENCY CONVERTER IN THE ELEVATOR DRIVE

Adela Shamilevna Zagidullina, Alla Grigorievna Logacheva

**Annotation:** In the infrastructure of a residential apartment building, elevators are one of the most energy-consuming devices that can use a matrix Converter to save energy. In this paper, we consider the conditions for effective recovery, under which the introduction of a matrix Converter in the Elevator drive will be appropriate.

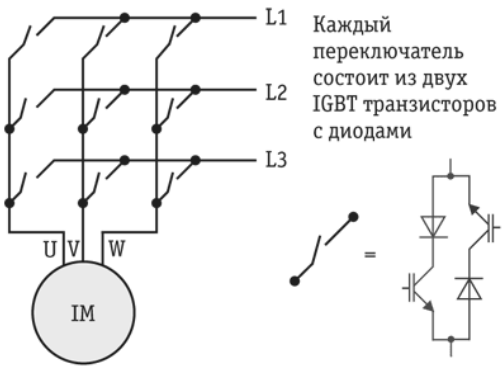
**Keywords:** matrix frequency converter, energy recovery, energy saving, elevator drive, engine generator mode.

В России огромное количество подъемно-транспортных машин. Одними из самых распространенных и часто используемых являются пассажирские лифты [1]. Из-за их повсеместной распространенности вопросы, связанные со снижением затрат на электроэнергию и повышением экономичности актуальны как никогда.

В инженерной инфраструктуре многоквартирного дома лифт является самым сложным и одним из самых энергозатратных объектов. Среднестатистический лифт в девятиэтажном доме может иметь среднегодовой расход электроэнергии, равный почти 15% от общих энергозатрат среднестатистического здания.

Одним из возможных способов энергосбережения в лифтовом хозяйстве может являться рекуперация, т.е. возврат неиспользованной энергии для повторного использования.

Функцию рекуперации энергии может выполнить матричный преобразователь (МПЧ) [2].




Структурная схема матричного преобразователя

Основной особенностью МПЧ являются двунаправленные переключатели (см. рис.), способные к подключению любого из входящих фазных напряжений к любой из трех выходных фаз. Именно двунаправленные переключатели обеспечивают связь между двигателем и сетью для рекуперации энергии.

Энергетическая эффективность использования МПЧ в электрическом приводе лифтов может составлять 20 – 40%, но из-за конструкции лифта и неравномерности загрузки кабины при перемещении между этажами данный процент достигается не всегда.

Обратим внимание на такую важную часть лифта как противовес[3].

Противовес - это конструктивный элемент, предназначенный для уменьшения мощности лифта. Масса противовеса равна массе части полезного груза (пассажиров) и массе кабины. При условии, что противовес и кабина с пассажирами имеют одинаковую массу, они будут полностью уравновешены. В этом случае энергия затрачивается только на преодоление сил трения, которые возникают в системе (минимальны). В результате, усилие на канатоведущем органе уменьшается, что позволяет использовать электрический привод меньшей мощности.

Когда лифт движется вверх с массой меньшей, чем масса противовеса, и, когда лифт движется вниз с полностью загруженной кабиной, масса которой превысит массу противовеса, двигатель начнет работать в роли электрогенератора, т.е. появится возможность для возвращения матричным преобразователем частоты полученной электроэнергии обратно в сеть.

В противном случае, когда загруженная кабина движется вверх, и, когда пустая кабина движется вниз, энергия сети будет затрачиваться на

приведение лифта в движение, т.к. масса противовеса не будет способна компенсировать массу кабины.

Вероятность того, что при каждой поездке в лифте противовес будет способен компенсировать массу кабины, очень мала. В результате чего возникает вопрос: как сократить процент работы привода лифта в двигательном режиме, и увеличить в генераторном?

Для этого нужно определить среднестатистическую загрузку лифта в течении дня, т.е. узнать количество времени работы привода лифта в двигательном режиме и в режиме генератора. Необходимо провести расчет, в результате которого, выяснить какое минимальное количество времени должен сохраняться режим генератора для целесообразного внедрения и работы МПЧ. Исходя из полученных данных, можно будет разработать измененную конструкцию лифта, удовлетворяющую требованиям эффективной рекуперации.

В результате, можно будет провести сравнительный анализ сохраненной энергии матричным преобразователем при стандартной конструкции лифтового оборудования и при внесенных изменениях.

На практике данное исследование может использоваться как в промышленности, в грузовых лифтах, так и в многоэтажных зданиях, в пассажирских лифтах для сокращения энергозатрат.

## Источники

1. Хайруллин И.Х., Шакиров Т.И. Принципы энергоемкости при проектировании подъемных механизмов лифтовых сооружений // Молодой ученый. 2017. № 22. С. 89-93. [Электронный ресурс] https://moluch.ru/archive/156/44154/ (дата обращения: 29.10.2020).

2. Л.А. Кондаков, А.А. Щукин. Матричные преобразователи частоты // ИСУП. 2013. №1(43). [Электронный ресурс] https://isup.ru/articles/47/4353/ (дата обращения: 29.10.2020).

3. ГОСТ Р 56420.2-2015 (ИСО 25745-2:2015) Лифты, эскалаторы и конвейеры пассажирские. Энергетические характеристики. Ч. 2. Расчет энергопотребления и классификация энергетической эффективности лифтов. Москва: Стандартинформ, 2015.

УДК 621.57

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ СТРОЕНИЙ

Ксения Сергеевна Коченкова[1], Эдуард Адгамович Ахметов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ksusha.kochenkova.ru@yandex.ru, [2]axmetovite@mail.ru

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются проблемы выбора альтернативного источника энергии для теплоснабжения малоэтажной застройки и предложен вариант решения. Показана актуальность использования воздушных тепловых насосов в качестве энергосберегающих систем. Проводится анализ работы воздушного теплового насоса при низких температурах наружного воздуха.

**Ключевые слова:** Тепловой насос, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, энергосбережение.

# USE OF AIR HEAT PUMP FOR HEAT SUPPLY OF LOW-RISE BUILDINGS

Ksenia Sergeevna Kochenkova, Edward Adgamovich Akhmetov

**Abstract:** This article discusses the problems of choosing an alternative energy source for heating low-rise buildings and offers a solution. The relevance of using air heat pumps as energy-saving systems is shown. An analysis of the operation of the air heat pump at low outdoor temperatures is performed.

**Keywords:** Heat pump, energy efficiency, renewable energy source, energy saving.

В нынешних обстоятельствах особую значимость обретают вопросы внедрения энергосберегающих систем, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Несмотря на многообразие альтернативных источников энергии, в России не торопятся окончательно отказываться от традиционного теплоснабжения. Основными причинами такой направленности являются: высокая стоимость оборудования и монтажа; сложные проектировочные вычисления; плохая осведомленность потребителей о превосходствах отопления тепловыми насосами; более морозные зимы, по сравнению с европейскими странами. Необходимо подчеркнуть, что при строительстве или приобретении нового дома вопрос экономичного энергоснабжения является актуальным, и в условиях жесткой экономии топлива и материальных ресурсов выгоднее увеличить первоначальные вложения на сверхтехнологичное оборудование, чтобы в дальнейшем получать тепло по наименьшей цене.

Наиболее рентабельным вариантом для отопления частного дома в климатических условиях России является применение воздушных тепловых насосов (ВТН). Отопление ВТН является практически единственным в настоящее время эффективным, экологически чистым источником тепла в зданиях, особенно, если невозможно или дорого подвести к зданию центральное отопление и магистральный газ, а использование импортных устройств (приборов) на основе альтернативных (возобновляемых) источников энергии дорого или недостаточно эффективно при низких температурах наружного воздуха [1]. Но при этом для работы компрессора ВТН необходима малая доля электрической энергии, поэтому инновационные ВТН невозможно причислить к абсолютно работающим на возобновляемых источниках энергии.

Чтобы оценить эффективность тепловых насосов применяются два коэффициента: *COP* (*Coefficient of performance*) – коэффициент трансформации; *SPF* (*Seasonal Performance Factor*) – отношение приобретенной за сезон теплоты к потребленной электроэнергии за установленный промежуток. Значительным минусом ВТН в холодных российских погодных условиях является низкий коэффициент COP. Если тепловой насос работает с коэффициентом COP равным 3,5 – 5, то можно говорить об эффективной работе данного оборудования. Тепловой насос является малоэффективным, если коэффициент преобразования равен от 2 до 3 и ниже. Следовательно, является важным создание таких воздушных тепловых насосов, коэффициент COP которых будет выше 5.

При использовании тепловых насосов для теплоснабжения частного дома следует иметь в виду несколько особенностей:

–Тепловой насос оправдывает себя только в хорошо утепленном строении, то есть с теплопотерями не более 100 Вт/м$^2$. Чем теплее дом, тем больше выгода;

– Наиболее рентабельно подсоединение теплонасосной установки к инерционным низкотемпературным системам отопления «теплый пол».

– Для экономически целесообразного применения воздушных тепловых насосов для отопления частного дома в северных регионах РФ необходимо использовать дополнительный источник тепла с автоматизированным погодозависимым вариантом, интегрированным в контроллер воздушного теплового насоса.

Вопрос абсолютного независимого режима работы ВТН без дополнительных источников на сегодняшний день открыт. Таким образом, данная проблема является катализатором к последующему изучению в

этой сфере. Полная автономность может быть достигнута путем применения принципов энергетической инверсии, то есть извлечения рассеянного тепла из окружающего воздуха и, как следствие, получение необходимой электрической энергии из окружающей среды. Нет никаких преград для извлечения рассеянного тепла непосредственно из воздуха. Безусловно, конструкции, извлекающие энергию из воздуха, являются громоздкими, однако применение воздуха в качестве рабочего тела возможно почти в любой точке земного шара. Воздух после охлаждения в рабочем цикле будет сразу же возвращаться в атмосферу, компенсируя отобранное у него тепло за счет энергии солнечного излучения и подземного тепла Земли. Более того, такие конструкции имеют возможность стать составляющей системы по управлению погодой на земле.

Таким образом, применение воздушных тепловых насосов для отопления частного дома является одной из эффективных энергосберегающих систем, помогающих решить важную экологическую задачу.

**Источники**

1.Румянцев Е.В., Федосов С.В., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Чистякова Ю.А. Инновационные решения безопасных и экологичных систем теплоснабжения производственных зданий как фактор снижения энергоёмкости российской экономики // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2018. № 4. С. 45-50.

УДК621.31

# МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Альфия Фаритовна Насибуллина
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
alfiyanas455@mail.ru

**Аннотация:** При существующем в России централизованном способе производства тепло- и электроэнергии происходит значительный перерасход топлива, связанный с низкой эффективностью электростанций и с потерями в электрических и тепловых сетях. Оптимальным решением этой проблемы является внедрение систем автономного электроснабжения предприятий. Автономное электроснабжение позволяет потребителю не зависеть от централизованного энергоснабжения, использовать оптимальные для местных условий источники производства энергии.

**Ключевые слова:** автономное электроснабжение, нефтедобывающая отрасль, модернизация, система электроснабжения.

# MODERNIZATION OF THE POWER SUPPLY SYSTEM AT THE ENTERPRISES OF THE OIL INDUSTRY

Alfiya Faritovna Nasibullina

**Annotation:** In Russia, a centralized method of generating heat and electricity generates significant fuel consumption, associated with low efficiency of power plants and losses in electric and thermal networks. The optimal solution to this problem is the introduction of autonomous power supply systems of enterprises. The autonomous power supply allows the consumer not to depend on centralized power supply, to use optimal sources of energy production for local conditions.

**Keywords:** autonomous power supply, oil industry, modernization, power supply system.

В настоящее время электроэнергетика России представляет собой 205ГВт установленной мощности, из которых в режиме максимальной нагрузки работают станции на140ГВт. Если в1940–1950-е гг.строилось 5–8 млн. кВт установленных мощностей в год, ав1970–1980-е гг.– по 7–10 млн кВт, то за 1990–2004гг. темп обновления в среднем составил1,22ГВт. К2010г.55,5%(115ГВт), установленных мощностей полностью выработали свой ресурс.

Износ основного оборудования по разным оценкам составляет:

– генерирующих станций–50–80%;

– магистральных сетей–70%иувеличивается на2% в год;

– реальный срок службы теплотрасс в среднем 55–60 лет при норме 35–50лет.

Потери при передаче электроэнергии равны12%от объема производства, а потери при передаче тепла по существующим теплотрассам достигают 70%.

Малая электроэнергетика России на сегодняшний день представлена около 50000 электростанций общей мощностью более17млн.кВт (8%от всей установленной мощности электростанций России), работающих как в энергосистемах, так и автономно. Общая годовая выработка электроэнергии на этих электростанциях достигает 5% от выработки всех электростанций страны.

Средняя мощность малых электростанций составляет примерно340кВт. Около26% от общего производства тепла в РФ вырабатывается в малых котельных и на индивидуальных отопительных установках, моральный и физический износ которых составляет порядка 80%.

Однако в настоящее время в стране сложился неоправданный дисбаланс между «большой»и«малой» электроэнергетикой. Российская малая энергетика сегодня–это 50 тысяч электрических и 200 тысяч тепловых станций мощностью до 30 МВт. Основу малой электроэнергетики в настоящее время составляют дизельные агрегаты(95%) и в меньшей степени газотурбинные установки и малые гидростанции. Перспективы развития малой энергетики связывают с разработкой новых технологий и использованием возобновляемой энергии рек, ветра, солнца, приливов, геотермального тепла [1-4].

Массовое внедрение малых тепловых электростанций, соизмеримых по мощности с нагрузкой конкретных потребителей, в сочетании с централизованным электроснабжением позволит не только сравнительно быстро заместить выработавшие ресурс генерирующие мощности «большой энергетики», но также оптимизировать потребление и перетоки электроэнергии внутри регионов, исходя из минимизации общесистемных затрат, что позволит тем самым сберегать топливо. Технологии малой энергетики постоянно совершенствуются, предлагая все новые возможности для удовлетворения нужд человечества.

Высокие текущие затраты на производство электро- и теплоэнергии в связи с повышенной высокой стоимостью традиционного топлива, высокой трудоемкостью при низком уровне автоматизации технологических процессов.

Отставание отечественного оборудования для малой энергетики по ряду параметров от зарубежных аналогов.

Отсутствие четкого нормативно-правового регулирования и организационная неоформленность развития и функционирования объектов малой энергетики в системе электро- и теплоснабжения страны.

Наиболее перспективным для Российской Федерации являются технологии когенерационного типа на основе возобновляемых источников энергии, позволяющие производить одновременную генерацию электрической и тепловой энергии;

Разработка и внедрение перспективных технологий когенерации для малой энергетики, что повышает общий КПД микротурбинных когенераторов до 65–70 % и снижает текущие затраты на производство электро- и тепло-энергии.

Применение ВЭУ в зонах децентрализованного теплоснабжения способно сократитьдо80–90% использование дефицитного органического топлива, сжигаемого местными котельными, и этим улучшить экологическую обстановку местности;

При использовании ВЭУ для нужд энергоснабжения появляется возможность успешно бороться с основным недостатком ветровой энергии–непостоянством во времени. Кратковременные (секундные и минутные) изменения мощности ВЭУ могут сглаживаться за счет аккумулирующей способности системы теплоснабжения. Более продолжительные колебания( от нескольких минут до нескольких часов)могут выравниваться за счет аккумулирующей способности самих отапливаемых зданий. Во время более длительных перерывов (затиший) в работу можно включать специальные аккумулирующие устройства или источники тепла на органическом топливе, выполняющие роль вспомогательного резервного оборудования.

Нами рассмотрены перспективные технологии когенерации на базе эффективных технологий автономного энергоснабжения удаленных потребителей предприятий нефтедобывающей отрасли с использованием альтернативных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что повышает общий КПД микротурбинных когенераторов до 65–70 % и снижает текущие затраты на производство электро- и тепло-энергии.

Основными компонентами любой системы когенерации являются:

– первичный двигатель;

– электрогенератор;

– система утилизации тепла.

В настоящее время распространены следующие виды когенерационных установок:

– газотурбинные (мощность более 6 МВт, не подходят для малой энергетики);

– газопоршневые;

– микротурбинные.

Газопоршневые установки характеризуются высокой эффективностью топливо использования (общий КПД может достигать 90 %).

Микротурбинные установки так же очень эффективны. Единственная движущаяся деталь микротурбинной установки – высокоскоростной вращающийся вал, на котором размещены турбина, электрогенератор и компрессор.

Основным недостатком микротурбинных установок по сравнению с газопоршневыми является их высокая удельная стоимость ($ 1600–1800 за 1 кВт).

Т.к. предприятия нефтегазовой промышленности часто располагаются на открытой ровной местности, в качестве альтернативного источника питания также можно рассмотреть ветрогенераторные установки.

Среднемесячные скорости ветра в европейской части России составляют всего 3–4 м/с, и лишь на побережье до 5–6 м/с. Поэтому ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения можно использовать только на побережье.

В средней полосе эффективны ветрогенераторы карусельного типа.

Мировые лидеры нефтегазовой отрасли диверсифицируют направления своей деятельности и инвестиций, обращая все большее внимание на возобновляемые источники энергии. Например, британская нефтегазовая компания BP является основным собственником и оператором в США 16 ветропарков, общая мощность которых составляет 2,6 ГВт.

Не стоит забывать и о солнечной энергетике. В последнее время она находит все большее применение в России. Например, крупнейшая нефтедобывающая компания Лукойл ввела в эксплуатацию мощную фотоэлектростанцию.

Нами были рассчитаны показатели различных альтернативных источников для двух уровней мощности (50 кВт и 1000 кВт) и двух случаев.

В случае 1 приняты современные показатели, в случае 2 – прогнозные (для 2020 гг.).

Рассчитаны следующие альтернативные источники:

– ГП мини-ТЭЦ – газопоршневая мини-ТЭЦ
– ВЭС – ветровая электростанция
– ФЭС – фотоэлектростанция
– МкТ – микротурбинная установка
– Мини-ГЭС – мини гидроэлектростанция

Таблица 1

Технико-экономические показатели вариантов

| Элемент | Капитало-вложения, тыс.руб./кВт* | | Постоянные издержки, % от капитало-вложений | | КПД, %** | | Срок службы, лет | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 кВт | 1000 кВт | 50 кВт | 1000 кВт | 50 кВт | 1000 кВт | 50 кВт | 1000 кВт | |
| | Случай 1 (современные показатели) | | | | | | | | |
| ДЭС | 30 | 21 | 7 | 5 | 32 | 35 | 35 | 10 | 10 |
| ВЭУ | 180 | 130 | 3 | 2 | 35 | 35 | 35 | 20 | 20 |
| Электролизер | 350 | 160 | 3 | 2 | 70 | 70 | 70 | 10 | 10 |
| Ресивер | 88 | 57 | 1 | 1 | 95 | 95 | 95 | 10 | 10 |
| ТЭ | 500 | 300 | 2,5 | 2 | 40 | 40 | 40 | 4 | 5 |
| Случай 2 (перспективные показатели) | | | | | | | | | |
| ДЭС | 26 | 18 | 7 | 5 | 34 | 37 | 37 | 10 | 10 |
| ВЭУ | 160 | 110 | 2 | 1,5 | 35 | 35 | 35 | 20 | 20 |
| Электро-лизер | 200 | 100 | 2 | 1 | 77 | 77 | 77 | 20 | 20 |
| Ресивер | 60 | 40 | 0,5 | 0,5 | 98 | 98 | 98 | 20 | 20 |
| ТЭ | 250 | 150 | 2 | 1,5 | 70 | 70 | 70 | 10 | 10 |

**Примечания:**

* – для ресиверов удельные капиталовложения даны в тыс.руб/м$^3$;

** – КПД ВЭУ приведен для справки (в расчетах используется рабочая характеристика).

Расчеты проведены для двух указанных сценариев технико-экономических показателей и двух уровней мощности – 50 и 1000 кВт.

Результаты расчетов показывают, что при современных технико-экономических показателях оборудования (сценарий 1) водородная система пока еще неконкурентоспособна по сравнению с дизельной (или ветродизельной) электростанцией, но станет экономически эффективной уже в ближайшей перспективе (сценарий 2).

Водородная когенерационная система становится экономически эффективной при характерных для автономных энергосистем ценах на

топливо ($600–1000 / т у. т.), начиная со среднегодовой скорости ветра 4–5 м/с. Применение системы для производства и энергетического использования водорода позволяет существенно снизить затраты на электроснабжение потребителей.

## Источники


1. Рудаков А.И., Максимова В.А., Фаттахов И.И. Повышение эффективности гибридных электроустановок на базе возобновляемых источников энергии/ Теоретические и практические аспекты научных исследований. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, 14 марта 2019г., г. Кишинев, Молдавия.
2. Рудаков А.И., Спиридонов Р.Р. Математическая модель ветроэнергетической электроустановки Магнуса. Проблемы и перспективы развития электроэнергетики. II всероссийская научно-практическая конференция. Казань, 18-19 марта 2020 года. Материалы конференции в 2-х томах. Том II. Казань 2020. С. 376-380.
3. Иванова В.Р., Денисова А.Р., Семенов Д.Г. Разработка алгоритма эффективного управления основными элементами электротехнической системы биогазового оборудования. / Промышленная энергетика. 2020. № 8. С. 17-26.
4. Максимова В.А., Рудаков А.И. Развитие возобновляемых источников энергии на примере гибридных электроустановок. В сборнике Технологии физики, автоматизация и информация. Актуальные исследования в современной науке, материалы научно-практической конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета . Липецк, 2020. С. 42-45.

УДК 620.2

# ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Гульназ Ягьфаровна Сибгатуллина[1], Римма Валентиновна Ахметова[2],
Эдуард Адгамович Ахметов[3]
[1,2,]ЗФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1s]gss716@mail.ru, [2]axmetovite@mail.ru, [3]axmetovite@mail.ru

**Аннотация:** В статье предложены способы повышения энергоэффективности административного здания путем применения энергосберегающих технологий.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, независимая схема теплоснабжения.

# IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF A BUILDING BY USING ENERGY-SAVING MEASURES

Gulnaz Yagofarova Sibgatullina, Rimma Valentinovna Akhmetova,
Eduard Adgamovich Akhmetov

**Annotation:** he article suggests ways to improve the energy efficiency of an administrative building by using energy-saving technologies.

**Keywords:** heat supply, independent heat supply scheme.

Энергосберегающие мероприятия бывают разных видов, и для этого требуются применения современных технологий для снижения потребления различных видов энергии. В частности, снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий, как административных, так и жилых.

Одним из направлений энергосбережения для жилищного комплекса стало развитие строительства пассивного дома, где при расчете теплопотребляющего оборудования учитывается также тепловыделение людьми и электроприборами. При этом также учитывается расположение остекленненых фасадов относительно движению солнца, для сокращения потребления электрической энергии на нужды освещения. Использование строительства пассивных домов позволит снизить потребление энергоресурсов в области ЖКХ до 30%.

Можно сделать вывод, что, мероприятия по энергосбережению решают большой комплекс задач: экономия энергоресурсов, решение проблем в жилищно-коммунальном хозяйстве, повышение эффективности

работы предприятий и снижение технологической нагрузки на окружающую среду. Развитие и использование энергосберегающих технологий со временем будет повсеместно. [1]

Наиболее существенными составляющими тепловых потерь в теплоэнергетических системах являются потери на объектах-потребителях. Наличие таковых не является прозрачным и может быть определено только после появления в тепловом пункте здания прибора учета тепловой энергии, т.н. теплосчетчика. Использования опыта работы с огромным количеством тепловых систем России, указывает основные источники возникновения потерь тепловой энергии. Самые распространенные это: тепловая изоляция энергоустановок; теплозащита зданий; изоляция тепловодов и паропроводов; изоляция холодопотребляющего оборудования от воздействия окружающей среды. В теплоэнергетике и строительстве теплоизоляцию устанавливают для снижения тепловых потерь в окружающую среду.

Обеспечение теплоизоляции организуется с помощью специальных ограждений, которые выполняются из материала с высоким термическим сопротивлением с низким коэффициентом теплопередачи. При конвективном теплообмене в качестве изоляции используют материалы, которые непроницаемы для воздуха.

Перевод на независимые схемы теплоснабжения потребителей. Эффективность применения независимой схемы присоединения потребителей в тепловой энергии может достичь 15% в виде применения погодного регулирования и дежурного отопления для общественных и административных зданий.

Большую часть жилищного фонда страны состоит из зданий с коммуникациями, спроектированными по зависимой схеме присоединения к тепловым сетям. При такой схеме подключения регулирование отпуска тепловой энергии производится непосредственно на источнике, что не позволяет быстро реагировать на температурные изменения окружающей среды. Поскольку тепловые сети имеют инертность, то у потребителя возникает такой эффект как «перетоп», температура обратной сетевой воды бывает завышена, что приводит к неэкономичной работе самого источника.

Как известно, существуют две схемы теплоснабжения потребителей: зависимая и независимая. В зависимых схемах теплоснабжения теплоноситель из тепловой сети поступает непосредственно в отопительные установки потребителей. В отличии от зависимых схем

теплоснабжения, в независимых схемах сетевой теплоноситель нагревает местный теплоноситель, циркулирующий в здании, с помощью теплообменного аппарата, установленного в тепловом пункте.

В качестве одного из методов сокращения потерь тепла, связанных с «перетопами», является переход на независимую схему теплоснабжения. При переходе на независимую схему теплоснабжения появляется возможность регулирования температуры вторичного теплоносителя, циркулирующего в здании, в соответствии с температурой наружного воздуха. По оценкам специалистов величина экономии тепловой энергии при переходе на независимую схему теплоснабжения может составить от 10 до 40%. [2]

Еще одним преимуществом независимых схем теплоснабжения является то, что исключается возможность проникновения загрязняющих веществ, таких как соли жесткости, шлам, ржавчина, прочие отложения и т.д. в сетевую воду из отопительных приборов абонентов.

Переход на независимую схему теплоснабжения целесообразно совмещать с одновременной установкой общедомовых приборов учета тепловой энергии. При устранении «перетопов» счета жителям за потребленное тепло уменьшатся, что снизит величину дотаций из бюджета на оплату коммунальных услуг малообеспеченным гражданам.

Основные преимущества, достигаемые при переходе на независимую схему теплоснабжения, заключаются в следующем:

– снижение «перетопов» потребителей в переходные периоды года;

– повышение качества теплоснабжения потребителей;

– снижение затрат на водоподготовку на источнике;

– снижение стоимости услуг по теплоснабжению.

В ряде регионов данное мероприятие включено в программы по реконструкции систем теплоснабжения. Однако массово данное мероприятие не применяется из-за значительных капитальных вложений.

## Источники

1.Табунщиков Ю.А., Бродач М.М, Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.

2. Гумеров Л.Э., Ахметов Э.А., Ситдиков Р.Р. Анализ использования низкотемпературной системы отопления жилого здания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-2. С. 400.

УДК 621.316.925.1

# КОНТРОЛЬ ЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ШИН

Динар Ильдусович Ахметзянов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Dinar-779@mail.ru.

**Аннотация:** В электроэнергетических системах очень важную роль играет релейная защита, которая обеспечивает защиту всей энергосистемы при возникновении разных ненормальных режимов. В статье предложено применение схемы логической защиты шин (ЛЗШ), установленных на подстанции и в распределительных подстанциях (РП) сети 6-10кВ обеспечивающее эффективное резервирование при отказе основных видов защит, такие как максимальная токовая защита (МТЗ), токовая отсечка (ТО), защита от дуговых замыканий (ЗДЗ). Защита предназначена для быстрого резервирования и отключения первичного оборудования во время возникновения короткого замыкания (КЗ) и отказа основных защит, которое сопровождается электрической дугой и может привести к повреждению дорогостоящего оборудования. Также в представленной схеме реализовано защита от ложной работы ЛЗШ.

**Ключевые слова:** Логическая защита шин, короткое замыкание, ячейки КРУЭ, МПУ Бреслер, схема РЗА.

# TIRE LOGICAL CONTROL

Dinar Ildusovich Akhmetzyanov

**Annotation:** In electric power systems, relay protection plays a very important role, which protects the entire power system in the event of various abnormal conditions. The article proposes the use of a logical bus protection scheme (LZS) installed at a substation and in distribution substations (RP) of a 6-10 kV network, which provides effective redundancy in the event of failure of the main types of protection, such as overcurrent protection (MTZ), current cutoff (TO), protection against arc faults (ZDZ). The protection is designed for quick backup and shutdown of the primary equipment during a short circuit (SC) and failure of the main protection, which is accompanied by an electric arc and can lead to damage to expensive equipment. Also in the presented scheme, protection against false operation of the LZSh is implemented.

**Key words:** Logic bus protection, short circuit, switchgear cells, MPU Bresler, relay protection and automation circuit.

Разновидностью защиты от замыканий в КРУН является логическая защита шин (ЛЗШ) [1]. Логическая защита шин используется на подстанциях или РП по низкой стороне защит 6-10кВ на секции. Уставка и сама защита вводится на вводных ячейках и имеют выдержку времени как правило 0,25с. Принцип работы логической защиты шин основан на

резервировании при отказе работы основных защит. Логическая защита шин имеет два условия работы:

– Блокировка ЛЗШ;

– Работа ЛЗШ.

Блокировка ЛЗШ - предусматривает нормальный режим работы. Например, при возникновении короткого замыкания в ТП-1501/1 (рис. 1) в точке К-1 срабатывает защита МТЗ или ТО (в зависимости от уставок и тока КЗ) в ячейке отходящей линии №7 и отправляет блокирующий сигнал на МПУ Бреслер в ячейку ввода выключателя (ввод 1) для того, чтобы ЛЗШ не сработала и не отключила всю секцию. В данном случаи защита работает селективно и отключает только поврежденный участок.

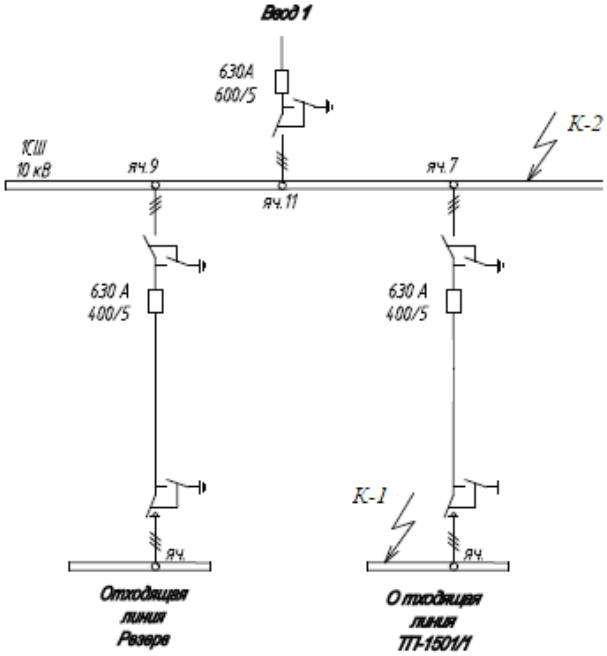



Рис. 1. Схема РП с вводным выключателем и двумя отходящими линиями

Работа ЛЗШ – предусматривает отказ основных защит и отключении секции 10кВ при помощи вводного выключателя. При возникновении короткого замыкания в ТП-1501/1 (рис. 1) в точке К-1 защита МТЗ или ТО в ячейки отходящей линии №7 не срабатывает и блокирующий сигнал на ячейку ввода не отправляется, тем самым ЛЗШ не блокируется. ЛЗШ работает по уставке с выдержкой времени 0,25с. и отключает секцию 10 кВ при помощи вводного выключателя (ввод 1). В данном случаи защита работает не селективно и отключает всю секцию, тем самым ликвидирует КЗ с более быстрой выдержкой времени.

Для резервирования защит при помощи логической защиты шин используются вторичные цепи, которые запитаны от одного источника питания и имеют по одному автоматическому выключателю на каждую

секцию. Как показывает практика, ЛЗШ работает крайне редко и очень важно поддерживать питание на вторичных цепях. В случаи отсутствия питания на вторичных цепях в следствии ошибочного действия персонала (не включили автоматический выключатель питания ЛЗШ), может произойти не селективная работа защит. Чтобы исключить ложную работу ЛЗШ, было принято решение по установке дополнительного промежуточного реле (К3), позволяющее контролировать напряжение на вторичных цепях ЛЗШ (рис.2). При потери питания, на шинках ЛЗШ, произойдет отпадание реле К3 и своими контактам отправит сигнал на блокировку защиты ЛЗШ и сигнал о неисправности защиты в диспетчерский пункт.

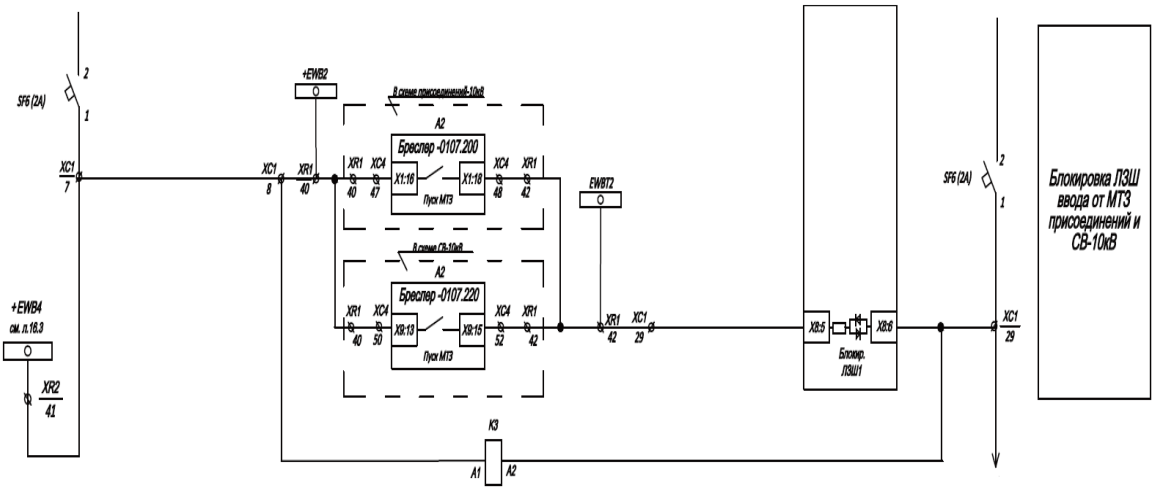



Рис. 2 Схема ЛЗШ

Чтобы не допустить излишнюю работу ЛЗШ, которое приведет к ложному отключению множество потребителей, было придумано схемное решение, которое контролирует напряжение на вторичных цепях и блокирует работу ЛЗШ в случаи отсутствия питания на шинках.

## Источники

1.Надеин В.Ф., Петухов С.В., Радюшин В.В. Релейная защита и автоматика, учебное пособие для вузов, Архангельск, 2015.

УДК 621.314.2

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ, РЕЛЕЙНЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Раиса Кирилловна Белянина [1], Дилия Мансуровна Валиуллина[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]belyaninar@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрен один из видов стабилизаторов напряжения. Рассмотрен принцип работы устройства. Выделены преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** напряжение, релейный стабилизатор, регулирование, стабилизация.

# ELECTROMECHANICAL, RELAY AND ELECTROMAGNETIC VOLTAGE STABILIZERS

Raisa Kirillovna Belyanina, Diliya Mansurovna Valiullina

**Annotation:** The article discusses one of the types of voltage stabilizers. The principle of operation of the device is considered. The advantages and disadvantages are highlighted.

**Key words:** voltage, relay stabilizer, regulation, stabilization.

Стабилизаторы напряжения в зависимости от внутреннего устройства и способу стабилизации можно разделить на три группы:

– электромеханические;

– электронные или релейные;

– электромагнитные[3].

Электромеханическим стабилизатором напряжения называют вольтодобавочный трансформатор, имеющий автоматическое регулирование с использованием щеточного контакта на сервоприводе, который управляется посредством электромеханического привода автоматически [1][3].

Количество установленных на устройстве щеток и компенсирующая мощность, подаваемая вольтодобавочным трансформатором влияют на все рабочие параметры стабилизатора (удобство эксплуатации стабилизатора, скорость обработки данных и т.д.)[2][3].

Этот вид стабилизаторов относится к самым дешевым, но при этом отличается точностью и плавностью регулировки напряжения.

К достоинствам можно отнести:

– широкий диапазон входных напряжений;

– на выходе напряжение не искажается;

– высокие показатели перегрузок;

– электромеханические стабилизаторы подходят для эксплуатации в промышленных масштабах;

– бесшумность.

К недостаткам можно отнести:

– движущиеся детали;

– наличие скользящего контакта, с которым соприкасаются другие элементы, изнашивается[3].

Релейные стабилизаторы регулируют напряжение ступенчато. Перемены напряжение на выходе и входе идут параллельно. Независимо от повышения или понижения напряжения на входе, на выходе в постоянном режиме никогда не будет 220В. Так как точность работы релейного стабилизатора связана с количеством обмоток, то прибор будет работать точнее, если обмоток больше[2][3].

Преимуществом является скорость стабилизации. Она составляет от 0,1 до 0,15 секунд и скорость стабильная не зависимо от величины скачка. Так же к преимуществам релейного стабилизатора можно отнести:

–небольшие габариты;

– широкий диапазон стабилизации;

– может выдерживать длительные перегрузки;

– практически не реагирует на искажения входного напряжения и не искажает сам напряжение на выходе;

– возможность эксплуатации при температурах от -20 до +40 градусов;

– бесшумная эксплуатация;

– срок службы достигает 10 лет[1][3].

К недостаткам можно отнести ступенчатое переключение. Если напряжение будет выдаваться с точностью 2% и больше, то переключение обмоток будет влиять на изменения освещенности некоторых видов ламп[3].

Скорость стабилизации напрямую влияет на точность. Так как прежде чем стабилизировать падение или повышение напряжения необходимо пройти все ступени, количество которых зависит от количества обмоток в трансформаторе, соответственно, чем медленнее стабилизируется напряжение, тем точнее прибор[1][2][3].

Электромагнитные стабилизаторы напряжения так же называют стабилизаторы с подмагничиванием трансформатора. Этим названием можно объяснить систему регулирования напряжения. В трансформаторе

происходит перестройка магнитных потоков и это позволяет добиться требуемого напряжения[4][3].

Основными элементами стабилизатора является автотрансформатор, магнитопровод и обмотки, с помощью которых происходит смена показателей трансформации. Так же в стабилизаторе находится тиристорный регулятор для отслеживания процесса подмагничивания.

К достоинствам данного стабилизатора можно отнести[4]:

– быструю скорость стабилизации;

– стабилизатор может работать при большом диапазоне температур[5];

К недостаткам можно отнести[4]:

– входные напряжения очень ограничены

– больших перегрузок приборы не выдерживают;

– дороже, чем другие стабилизаторы;

–большой вес;

– шум;

– сильно искажают входное напряжения;

– сильно зависят от отклонений частоты;

– чувствительны к перекосу фаз[4][5].

## Источники

1. Available at: http://electromirbel.ru/sravnenie_tipov_stabilizatorov [электронный ресурс].

2.Availableat:https://www.stabilizator.spb.ru/pozvoltepomoch/stati/stabilizatory1/sravnenie-tipov-stabilizatorov-napryazheniya.html [электронный ресурс].

3.Available at: https://sivcomsks.com/gibridnye-stabilizatory-napryazheniya-printsip-raboty/.

4.Availableat:https://www.voltmart.ru/blog/stabilizatorynapryazheniya/elektromagnitnye-stabilizatory-napryazheniya/

5. Available at: http://www.mtomd.info/archives/2432.

УДК 621-313.3

# МЕТОДИКА ПУСКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ БЛОКА ГЕНЕРАТОР–ТРАНСФОРМАТОР

Ильназ Вакифович Валиуллин[1], Гузелия Габделахатовна Галеева[2],
Екатерина Андреевна Зотова[3], Гузель Рамилевна Валиева[4],
Виктор Владимрович Максимов[5]
[1,2,3,4,5]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]21ilnazir21@gmail.com, [2]galeeva_guzeliya@mail.ru,[3]kwonek@mail.ru
[4]viktor.maksimov.1968@mail.ru, [5]guzelrv@mail.ru

**Аннотация:** В тезисе изложены рекомендации о необходимых объемах, методике проведения и продолжительности снятия характеристик блоков турбогенератор-трансформатор и их устройств релейной защиты и автоматики при проведении комплексных электрических испытаний.

**Ключевые слова:** информация, обучение, турбогенератор-трансформатор, генератор-трансформатор, релейная защита, схема, блок, испытания.

# TECHNIQUE OF START-UP TESTS OF THE GENERATOR - TRANSFORMER UNIT

Ilnaz Nakifovich Valiullin, Guzeliya Gabdelakhatovna Galeeva,
Ekaterina Andreevna Zotova , Guzel Ramilevna Valieva ,
Viktor Vladimirovich Maksimov

**Annotation:** The thesis contains recommendations on the required volumes, methodology and duration of characterization of turbine-generator-transformer units and their relay protection and automation devices during complex electrical tests.

**Keywords:** information, training, turbine generator-transformer, generator-transformer, relay protection, circuit, block, tests.

Необходимость обеспечения надежной работы электрооборудования блоков турбогенератор-трансформатор предъявляет особые требования к качеству проверок и испытаний оборудования – как вновь смонтированного, так и находящегося в эксплуатации. Методические указания предназначены для оказания помощи персоналу пусконаладочных организаций и эксплуатационному персоналу в улучшении качества работ и уменьшении их продолжительности на генераторе с номинальной частотой вращения.

Согласно настоящим указаниям комплексные испытания состоят из:

а) предварительных испытаний цепей тока и напряжения устройств релейной защиты и автоматики на остановленном генераторе (в том числе и при вращении генератора валоповоротным устройством);

б) испытаний электрооборудования и устройств релейной защиты и автоматики в процессе развертывания турбины и при номинальной частоте вращения;

в) испытаний электрооборудования и устройств релейной защиты и автоматики рабочим током нагрузки;

г) фазировки рабочего и резервного трансформаторов СН на номинальном напряжении;

д) анализа и обработки результатов комплексных испытаний.

Во время испытаний определяются технические параметры и характеристики основного оборудования, вторичных цепей и устройств, необходимые для правильной эксплуатации.

Специальные испытания оборудования или устройств РЗА (например, тепловые испытания генератора, опробование устройств автосинхронизации) в настоящих Методических указаниях не рассматриваются и осуществляются по отдельным инструкциям и программам.

Испытания и проверки защит блока генератор-трансформатор собственным током генератора обеспечивают получение необходимых значений токов и напряжений.

Данный способ является вполне совершенным, однако он требует длительной работы турбины на холостом ходу, что вызывает непроизводительный расход топлива и недовыработку электроэнергии, особенно если в ходе испытаний обнаруживаются ошибки в схеме защит или другие неисправности.

Кроме того, турбины большой мощности (200 МВт и выше) не допускают длительной работы на холостом ходу из-за чрезмерного нагрева проточных частей и выхлопов последних ступеней турбины, эрозии рабочих лопаток и значительных относительных удлинений ротора.

Для уменьшения длительности работы турбин на холостом ходу необходимо уменьшить продолжительность испытаний цепей защиты и автоматики за счет применения косвенных методов: проверки первичным или вторичным током от постороннего источника, проверки при вращении генератора валоповоротным устройством* и т.д. Эти предварительные проверки позволят заранее до пуска выявить ошибки и тем самым значительно сократить время, необходимое для испытаний защит с номинальной частотой вращения генератора.

Для проведения предварительных испытаний косвенными методами после полного окончания монтажно-наладочных работ в цепях релейной защиты, автоматики и вторичных цепях необходимо:

- 4 рабочих дня для блоков менее 160 МВт;
- 6 рабочих дней для блоков 160-300 МВт;
- 7 рабочих дней для блоков 500-800 МВт;
- 9 рабочих дней для блоков свыше 800 МВт.

Это время* должно быть учтено в общем графике строительных, монтажных и пусконаладочных работ, обеспечивающем своевременную готовность помещений и монтажа устройств РЗА и вторичных цепей.

Все работы по проведению комплексных испытаний производятся в соответствии с рабочими программами. При проведении работ сторонней организацией программа согласовывается с ответственным представителем эксплуатирующей организации. Предусматривается участие представителя эксплуатирующей организации при проведении работ; при этом указанный представитель осуществляет приемку электрооборудования и устройств РЗА в процессе испытаний по этапам программы.

При производстве комплексных испытаний для снятия необходимых характеристик блока (генератора) и полного объема проверок устройств релейной защиты и автоматики необходима работа блока на трех- и однофазные испытательные закоротки, длительное протекание номинального тока и установлены до начала комплексных испытаний (если это не мешает производству испытаний). Места установки закороток для наиболее распространенных схем первичных соединений блока указаны на рис. 2.1-2.5.

Комплексные электрические испытания блоков генератор-трансформатор состоят из следующих этапов, выполнение которых является обязательным:

а) предварительных испытаний цепей тока и напряжения;

б) испытаний в процессе развертывания турбины и при номинальной частоте вращения;

в) испытаний под нагрузкой;

г) обработки полученных результатов.

Проверка первичным током нагрузки и рабочим напряжением электрооборудования и устройств РЗА является окончательной. На основании этой проверки дается заключение о возможности введения в эксплуатацию электрооборудования и устройств РЗА блока.

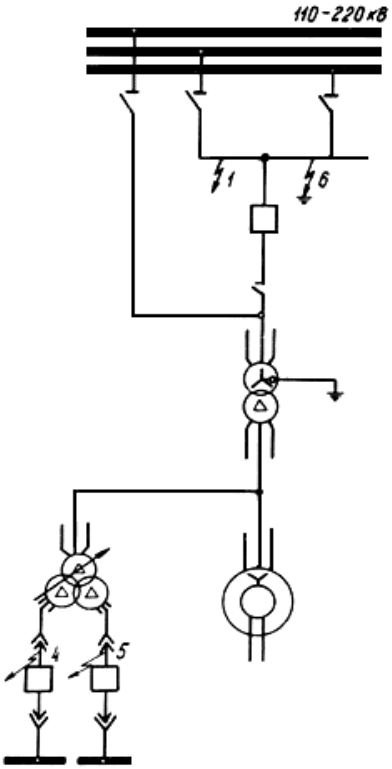



Схема блока генератор-трансформатор мощностью 160-800 МВт, подсоединенного к системе 110-220 кВ

При проведении работ по комплексным испытаниям блоков генератор-трансформатор необходимо строго соблюдать действующие "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций", "Правила техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах", а также "Типовые правила пожарной безопасности для промышленных предприятий".

## Источники

1. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7.

2. ПУЭ: Глава 1.8. Нормы приемо-сдаточных испытаний.

3. Объем и нормы испытаний электро-оборудования РД 34.45-51.300-97.

4. Вавин В.Н. Релейная защита блоков турбогенератор – трансформатор 1982г.

5. Камнев В.Н. Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок. 1982г.

УДК 621.321

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С СЕРДЕЧНИКОМ ИЗ АМОРФНОЙ СТАЛИ

Лейсан Радиковна Гайсина
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
Leisan.05@mail.ru

**Аннотация:** Целью проведения экспериментальных исследований было: определение наиболее перспективных путей снижения затрат на эксплуатацию и производство силовых распределительных трансформаторов.

**Ключевые слова:** силовые трансформаторы, магнитопровод, аморфный сталь, сердечники.

# RESEARCH ON POWER TRANSFORMERS WITH AMORPHOUS STEEL CORE

Leysan Radikovna Gaisina

**Annotation:** The purpose of the experimental research was: to identify the most promising ways to reduce the cost of operation and production of power distribution transformers.

**Key words:** power transformers, magnetic core, amorphous steel, cores.

Ежегодные затраты на обслуживание одного распределительного трансформатора с магнитопроводом из холоднокатаной электротехнической стали составляют примерно 8% от его первоначальной стоимости.

Применение магнитопроводов из аморфных сплавов – это наиболее перспективный путь снижения затрат на эксплуатацию и производство силовых распределительных трансформаторов. По сравнению с традиционными магнитопроводами из электротехнической стали, пятикратно снижается потери холостого хода трансформатора.

Если сравнить с традиционными магнитопроводами из электротехнической стали, то потеря холостого хода трансформатора снижается в 5раз. К примеру, у трансформатора с мощностью 25 кВ·А потери составляют 100 Вт из обычной стали, а из аморфной 28 Вт. Сравнительное снижение потерь составляет 72%. По сравнению со стальным аналогом, он позволяет сократить потери энергии на 80%. [1]

В Японии, Индии, Словакии, США серийно выпускается силовые распределительные трансформаторы с сердечником из аморфной стали. В мире в общем уже изготовлено 60-70 тыс. единиц трансформаторов мощностью 25-100 кВА. Приблизительно 1000 единиц прошли успешные

многолетние испытания в различных энергосистемах. Наибольших успехов добились Япония и США. Как показывают испытания, если сравнить со стальным аналогом, он позволяет сократить на 80%потери энергии в сердечнике трансформатора. Среднегодовая экономия энергии составила бы 40 млн. кВт*ч, если во всех действующих в мире трансформаторах установить сердечники из аморфных металлов. Недостатком является их более высокая стоимость по сравнению с традиционными материалами. [2]

В заключении можно сказать, что производство таких сердечников обходится дороже в силу большего потребления металла и неотработанности технологического процесса. Но за счет экономии энергии он окупается за 3-5 лет.

**Источники**

1. Егоров А.В // Журнал «Промышленная энергетика». Февраль, 2017. №4. С 26.

2. Поутиайнен В // Газета "Энергетика и промышленность России". Июнь, 2013. №11. С 3.

УДК 621.315.62

# ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Павел Николаевич Дырнаев [1], Олег Владимирович Воркунов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]pavel555177@mail.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются методы диагностики изоляторов воздушных линий электропередачи, с помощью современных методов неразрушающего контроля. В частности рассматривается метод частичных коронных разрядов.

**Ключевые слова:** высоковольтные изоляторы, диагностика, методы неразрушающего контроля.

# REMOTE MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF INSULATORS OF OVERHEAD POWER LINES

Pavel Nikolaevich Dyrnaev, Oleg Vladimirivich Vorcunov

**Annotation:** The article discusses methods of diagnostics of insulators of overhead power lines, using modern methods of non-destructive testing. In particular, the method of partial corona discharges is considered.

**Keywords:** high-voltage insulators, diagnostics, non-destructive testing methods.

Обеспечение бесперебойной работы электроэнергетических систем и оборудования обуславливается в том числе и надежной работой изоляции. Учитывая что на большинстве линий применяются стеклянные и фарфоровые изоляторы, в данной работе мы ограничимся только их рассмотрением.

Изоляторы на линиях электропередачи отказывают по следующим причинам: климатические воздействия - 11,7%, посторонние воздействия - 31, 0 %, другие причины - 11,6%, дефекты конструкции, изготовления и монтажа - 9,9%, старение материалов - 3,8 %, недостатки эксплуатации - 1,5%, недостатки проектирования - 0,5% (Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. Новосибирск: Наука, 2009 в список литературы).

Причины отказов изоляторов разделяют на две группы – электрические и механические. Электрические происходят из-за старения (растрескивания) материала, загрязнения поверхности, перенапряжения и отключения разъединителей под нагрузкой. Механические (им подвержены в основном стержневые изоляторы) возникают из-за

образования микротрещин при ударах и вибрации. Микротрещины возникают и при резких колебаниях температуры, из-за различия коэффициентов расширения фарфора, цемента и металла. Вероятность механических повреждений возрастает с понижением температуры. Контроль фарфоровых и стеклянных изоляторов производится не реже 1 раза в 6 лет.

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие методы обнаружения повреждений изоляторов:

– контроль под напряжением состояния подвесных тарельчатых фарфоровых и стеклянных изоляторов в изолирующих подвесках;

– измерение изоляция штангой с постоянным искровым промежутком;

– измерение изоляции штангой с переменным искровым промежутком типа ШИУ;

– метод визуального контроля;

– метод тепловизионного контроля.

- метод, основанный на выявлении коронных и частичных разрядов по ультрафиолетовому излучению.

Наиболее перспективным является метод основаный на выявлении коронных и частичных разрядов возникающих при разрушении и частичном повреждении изоляторов. Он менее затратный по времени, позволяет производить измерения на безопасном расстоянии от токоведущих частей. Имеет возможность производить измерения не отключая линию. Диагностирование изоляторов по ультрафиолетовому (УФ) излучению основано на выявлении поверхностных частичных (ПЧ) разрядов и короны, возникающих на изоляторах в месте появления дефекта. Для этого используется зависимость силы света ПЧ-разрядов в УФ-диапазоне спектра от приложенного напряжения. При напряжении, большем порогового значения, соответствующего возникновению разрядов, сила света пропорциональна пятой степени величины приложенного напряжения. Этим объясняется высокая чувствительность метода диагностирования по УФ-излучению (УФ-метода).

Небольшие перераспределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов, связанные с наличием нулевых изоляторов, приводят к резкому увеличению силы света ПЧ-разряда или к возникновению таких разрядов. Для изоляторов контактной сети, работающих в атмосферных условиях, возникновение короны и ПЧ-разрядов исключить полностью невозможно.

Интенсивность разрядных процессов увеличивается по мере снижения изолирующей способности изолятора вследствие появления дефектов (сколы, повреждение глазури, трещины, нарушение цементной заделки пестика, наличие открытой микроскопической пористости и др.), загрязнения и увлажнения внешних поверхностей. Возникновение или увеличение интенсивности короны и ПЧ-разрядов можно использовать для косвенной оценки изолирующей способности и УФ-дефектоскопии изоляторов контактной сети.

Метод диагностирования, основанный на визуализации электромагнитного излучения при возникновении ПЧ-разрядов и короны в УФ-диапазоне спектра, хорошо известен и применяется для выявления в эксплуатации повреждений высоковольтного электрооборудования и ЛЭП. По производительности, наглядности диагностической информации УФ-метод имеет несомненные преимущества перед ультразвуковым радиолокационным и другими методами функциональной дистанционной диагностики изоляторов контактной сети.

По сравнению со старыми методами неразрушающего контроля высоковольтной изоляции, метод обнаружения коронных разрядов является дешевле, т.к. время на поиски дефектных изоляторов уменьшается в разы.

## Источники

1. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. Новосибирск: Наука, 2009.

2. Гатауллин А.М., Матухин В.Л., Наумов Б.А. Система мониторинга и диагностирования (СМИД) высоковольтного электрооборудования на основе анализа статистических параметров частичных разрядов. Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 7-8. С. 19-26.

3. Гатауллин А.М., Матухин В.Л., Низамов И.И. Метод неразрушающего контроля полимерных композитных изоляторов напряжением 35 кВ. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического института. 2015. № 2 (219). С. 119-125.

УДК/ББК621.315/31.232.33-14

# ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Гульнара Финатовна Загидуллина[1], Ольга Германовна Губаева[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gulnara.zaghidullina@mail.ru, [2]mr.gubaev@mail.ru

**Аннотация:** В результате длительного воздействия эксплуатационных факторов сокращается остаточный ресурс кабельных линий. Существует множество методов диагностики для определения данного параметра, но у каждого метода есть свои недостатки. Сейчас ведется разработка новых методов и усовершенствование существующих.

**Ключевые слова**: кабельные линии, диагностика, остаточный ресурс, электрические сети, старение изоляции.

# DIAGNOSTICS OF CABLE LINES

Gulnara Finatovna Zagidullina, Olga Germanovna Gubaeva

**Annotation:** a result of prolonged exposure to operational factors, the residual resource of cable lines is reduced. There are many diagnostic methods for determining this parameter, but each method has its own drawbacks. New methods are being developed and existing ones are being improved.

**Keywords**: cable lines, diagnostics, residual life, electrical networks, insulation aging.

В процессе эксплуатации кабельные линии (КЛ) подвергаются комплексному влиянию теплового и электрического полей, механическому старению и деформации под воздействием вибрации, увлажнению изоляции, электродинамических усилий и механических нагрузок, химическому износу под влиянием агрессивных веществ. [1] Старение изоляции силовых кабелей под длительным воздействием эксплуатационных факторов, может привести к пробою кабелей при достижении предельных значений характеристик изоляции, что в свою очередь ведет к снижению надежности всей энергосистемы.

В связи с этим необходимо изучать физико-химические процессы, которые проходят в изоляции кабелей при их эксплуатации, оценивать влияние воздействия вышеперечисленных факторов на ресурс изоляции кабелей, а также разрабатывать методы повышения надёжности эксплуатации КЛ.

Рассмотрим более действенные, из множества внедряемых, методы диагностики КЛ:

- измерения и анализа параметров возвратного напряжения, используемых для широко распространенных кабелей с бумажно-

пропитанной изоляцией (БПИ), и изотермического тока релаксации, а также для находящихся в эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ);

- измерения и оценки параметров частичных разрядов (ЧР) и определения мест их накопления для прогнозирования будущего повреждения в кабельной линии (КЛ), вызванного их наличием, и предотвращения аварийного отключения.

Исходя из результатов диагностики кабельных линий можно точно определить степень старения изоляции, места наличия дефектов и увлажненность, выраженных концентрацией частичных разрядов, их интенсивность и уровень.

Основываясь на статистике, экспериментально полученных нормируемых данных при эксплуатации КЛ, можно рассчитать теоретические зависимости. Но в целом прогнозирование на длительный период (более 5 лет) нельзя рассматривать как достоверное. [2]

На основании изложенного можно сделать вывод, что автоматизация процесса обработки эксплуатационных характеристик КЛ, поможет упростить оценку остаточного ресурса КЛ.

**Источники**

1 Сергеев Н.С., Попова О.В. Диагностика состояния кабельных линий напряжением 6-10 кВ. Электроцех №9 2019. С. 9.

2 Силовые кабельные линии со СПЭ-изоляцией Локализация проблемных мест и прогнозирование остаточного ресурса. // Новости электротехники. № 1(103) 2017). Доступно по http://www.news.elteh.ru/arh/2017/104/10.php

УДК 621.315.615.2

# КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Ильсур Маратович Минегалиев[1], Ильдар Айратович Минаев[2],
Ольга Евгеньевна Куракина[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]minegaliev.1998@mail.ru, [2]enhtane@gmail.com

**Аннотация:** В данном тезисе дан анализ требований к трансформаторному маслу, методам и аппаратуре контроля качества масла, также представлены современные приборы для контроля качества трансформаторного масла.

**Ключевые слова:** трансформаторное масло, качество, методика испытаний, аппаратура.

# QUALITY CONTROL OF TRANSFORMER OIL

Ilsur Maratovich Minegaliev, Ildar Airatovich Minaev, Olga Evgenievna Kurakina

**Annotation:** The paper provides analysis of requirements to the oil, methods and oil quality control equipment. The modern instruments for quality control of transformer oil are presented.

**Keywords:** transformer oil, quality, test methods, equipment.

Для обеспечения надежной эксплуатации маслонаполненных аппаратов необходим периодический контроль качества трансформаторного масла. Нормативные значения показателей качества, объемы и периодичность испытаний регламентируются положениями действующих ПУЭ [1], ПТЭЭП [2] и «Методическими указаниями по эксплуатации трансформаторных масел: РД 34.43.105-89» [3]. Определение состояния качества масла проводится по стандартизированным методикам, в соответствии с действующими ГОСТ и указаниями МЭК.

Рассмотрим особенности методики контроля качества трансформаторного масла.

– Определение влагосодержания. Значение влагосодержания масла является критерием готовности его к заливке, а также служит для определения причин ухудшения свойств масла или твердого диэлектрика в электроаппарате [3-6].

– Влагосодержание масла увеличивает электрическую проводимость и диэлектрические потери, а также снижает электрическую прочность. Масло с содержание воды 10 мкг/г считается сухим. При поставке влагосодержание масла может достигать 35 мкг/г.

– Определение растворенной воды в масле производится в приборе ПВН с применением рекомендованных ГОСТ 7822-75 реактивов и

материалов. Определение растворенной в масле воды осуществляют измерением объема выделившихся газов в результате взаимодействия гидрида кальция и воды, содержащейся в масле.

Существует метод Карла Фишера определения воды автоматическим кулонометрическим титрованием по МЭК 814. Сущность количественного определения влагосодержания в масле осуществляют посредством автоматического измерения количества электричества, затраченного на электролиз воды в реактиве К. Фишера (рис.1).

Рис. 1. Прибор *BAURKFM* 3000 *Aquameter*- автоматический измеритель влагосодержания по методу Карла Фишера (*BAUR*, Австрия)

2) Определение газосодержания. Термином «общее газосодержание» обозначается содержание в масле растворенных газов, определяемое в основном количеством растворенного воздуха [3-6].

Для определения общего газосодержания в трансформаторном масле применяется прибор «ИРКУТ» (рис.2).

Прибор применяется для измерения объемной доли газов, растворенных в трансформаторных маслах, используемых при эксплуатации трансформаторов. Прибор имеет цифровую индикацию показаний газосодержания трансформаторного масла. Упрощает определение газосодержания трансформаторного масла по сравнению с существующими методами (хроматография).


Рис. 2. Прибор для определения общего газосодержания в трансформаторном масле «ИРКУТ»

Трансформаторное масло в процессе его эксплуатации теряет свои изоляционные свойства, поэтому необходим постоянный контроль качества масла в эксплуатации. Существующие в настоящее время методики контроля качества масла позволяют в полном объеме определить качество масла и пригодность его к использованию. Применяемые приборы и аппараты для реализации методик контроля качества масла удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям.

**Источники**

1. РД 34.45-51.300.97. Объем и нормы испытания электрооборудования. 7-е изд. Москва: ЭНАС, 2001. 255 с.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Москва: ЭНАС, 2004. 301 с.

3. Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел. РД 34.43.105-89. Москва, 1990. 47 с.

4. Кириллов Г.А, Варенов А.Б., Кашин Я.М. [и др.] Техническая диагностика и мониторинг технического состояния трансформаторного оборудования: монография // под общ. ред. Г.А. Кириллова. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2016. 378 с.

5. Кириллов Г.А., Кашин Я.М. Эксплуатация электрооборудования. Ч. 3. Контроль технического состояния электрооборудования с выводом в ремонт: учеб. пособие. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2017. 301с.

6. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования / под ред. Ф.Л. Когана. Москва: Энергосервис, 1990. 493 с.

УДК 621-313.3

# КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Айдан Вилданович Миннибаев[1], Анна Валерьевна Маркова[2],
Виктор Владимирович Максимов[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mvaydan@gmail.com, [2]annmarkworld@gmail.com

**Аннотация:** В тезисе рассмотрены основные пути и технологии автоматизации трансформаторных подстанций и их основные преимущества и выгодны их применения. Так же рассмотрены основные предпосылки для их применения технологий автоматизации электростанций и других обьектов электросетей.

**Ключевые слова:** автоматизация, интеллектуальные устройства, протокол, стандарт, схема, энергоэффективность

## CONTROL, AUTOMATION AND DIAGNOSTICS OF POWER PLANTS AND DISTRIBUTION GENERATION

Aidan Vildanovich Minnibaev, Anna Valerievna Markova,
Victor Vladimirovich Maksimov

**Annotation:** The thesis discusses the main ways and technologies for automation of transformer substations and their main advantages and beneficial use of them. The basic prerequisites for their application of automation technologies for power plants and other power grid facilities are also considered.

**Keywords**: automation, smart devices, protocol, standard, circuit, energy efficiency.

С внедрением интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) в систему вспомогательного питания и вспомогательные системы генератора эти системы предоставляют гораздо больше информации, которая может использоваться для рентабельной эксплуатации и технического обслуживания. Внедрение последовательных интерфейсов в автоматизацию подстанций, позволяет получить доступ ко всей информации об устройстве, а так же имеет ряд преимуществ перед традиционными средствами управления:

- Современные системы управления электростанциями, основанные на новейших технологиях, позволяют объединить как технологическое, так и электрическое управление в одну согласованную систему. Это делает ненужной отдельную систему *HSI* для электрической части, предоставляя генерирующим компаниям несколько преимуществ:

- Единый пользовательский интерфейс. Единая системная среда позволяет реализовать единую философию работы. Операторы процессов и электрики/инженеры-электрики работают с одной и той же системой и могут использовать одни и те же графические дисплеи. Последовательность представления данных и операционных процедур означает значительное улучшение качества работы.

- Доступ ко всем данным со всех экранов. Электрическими системами можно управлять с любого рабочего места системы в соответствии с правами доступа пользователя. Это означает, что информация доступна тогда и там, где она необходима. Информация об электрических системах не ограничивается отдельными экранами.

- Запись и архивирование данных. Сбор всех данных о процессе и электрических системах в одной базе данных означает, что данные записываются единообразно, и на основе этого также производится анализ и отчетность. Наличие одной системы означает также наличие последовательности событий в масштабах предприятия.

- Снижение затрат на обучение. Сокращается обучение операторов диспетчерской, технического персонала предприятия и системных администраторов, поскольку вместо двух системных сред используется только одна.

- Системное администрирование. Наличие одной системы упрощает задачи системного администрирования, такие как управление пользователями, процедуры резервного копирования и, например, обслуживание данных сигналов и графических дисплеев.

- Безопасность системы. Для поддержания высокого уровня безопасности владелец системы должен реализовать специфические для системы концепции и процедуры. Наличие одной системы позволяет создать комплексную концепцию ИТ-безопасности.

- Конструирование и документация. Количество инструментов конструирования сокращается, что позволяет избежать многократного ввода одних и тех же данных и обеспечить согласованную документацию.

- Запасные части. Несмотря на то, что современные системы основаны на стандартном аппаратном обеспечении ПК и операционных системах, всегда есть необходимые компоненты. Сочетание управления технологическим процессом и электрического управления в одной системе сокращает количество требуемых запасных частей.

Интерфейсы к системам уровня предприятия. Чтобы сделать электростанцию конкурентоспособной в настоящее время, системы автоматизации должны быть подключены к системам более высокого

уровня и сетям уровня предприятия. На этом уровне должны поддерживаться следующие приложения:

- доступ к данным предприятия с офисных ПК (например, для экологической отчетности)
- автоматическая передача данных в реальном времени в компьютеризированные системы управления техническим обслуживанием (CMMS)
- доступ к данным CMMS (например, наличие запасных частей ) с рабочих мест системы управления - удаленное соединение с центральными диспетчерскими центрами
- удаленный доступ для целей поддержки системы
- автоматическая передача данных процесса в центральную PIMS (системы управления информацией предприятия) должен быть реализован дважды. Сведение к одной системе управления экономит значительные усилия по внедрению и обслуживанию интерфейсов.

Стандартизированная документация для технических данных устройств отсутствует. Обмен данными между разными инструментами сложен.

Техническое обслуживание и сервис нуждаются в специалистах, разбирающихся в различных инструментах и протоколах связи.

Устройства не могут связываться друг с другом. Для горизонтальной связи, проводки или подстанции требуется система управления

Интеграция множества протоколов на стороне управления электростанцией обходится очень дорого.

## Источники

1. IEC 61850 Communication networks and systems in substations.
2. Substation Automation Handbook, 2003, ISBN 3-85758-951-5.
3. ABB Review 3/2003: IEC 61850 meets Industrial IT.
4. ABB IED 670 Selection Guide, 1MRK 500 078-SEN.
5. Generator protection IED REG 670, 1MRK 502 018-SEN .
6. PRAXIS Profiline – Juli 2005: Maximizing the user benefits of IEC 61850.

УДК 621.314.222.8

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ 6-35кВ С ЛИТОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Алексей Владимирович Прядко[1], Ильмир Ильвирович Фаткуллин[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Стерлитамак, [2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Сургут
[1]leha.pryadko@yandex.ru[2]ilmirfatkullin58@gmail.ru

**Аннотация:** На объектах электроэнергетики распространено применения трансформаторов напряжение (ТН) в сети 6-35кВ с литой изоляции. Как показывает опыт эксплуатации данных трансформаторов во время возникновения ненормальных режимов сети (грозовые явления, различного рода замыкания на землю) часто выходят из строя. В данной статье представлены причины выхода из строя ТН с литой изоляцией и приведены рекомендации по повышению надежности и качества электрических сетей.

**Ключевые слова:** Трансформаторы напряжения с литой изоляцией, замыкание на землю, феррорезонанс.

# OPERATION OF VOLTAGE TRANSFORMERS 6-35KV WITH CAST INSULATION

Alexey Vladimirovich Pryadko, Ilmir Ilvirovich Fatkullin

**Annotation:** At electric power facilities, the use of voltage transformers (VT) in a 6-35 kV network with cast insulation is widespread. As the experience of operating these transformers shows, during the occurrence of abnormal network modes (thunderstorms, various types of ground faults) they often fail. This article presents the reasons for the failure of HP with cast resin and provides recommendations for improving the reliability and quality of electrical networks.

**Key words:** Cast resin voltage transformers, earth fault, ferroresonance.

Трансформаторы напряжения 6-35кВ (см.рис.) предназначены для передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, защиты, сигнализации, автоматики и управления в сетях переменного тока частотой 50 Гц с изолированной нейтралью или в сетях, заземляемых через дугогасящий реактор [1].

Многолетний опыт эксплуатации показывает, что ТН с литой изоляцией часто выходят из строя в следствии воздействия природных явлений. Выход из строя ТН с масляной изоляцией происходит преимущественно в грозовой период и в связи с перенапряжением т.е. не связан с разрушением корпуса, который является травмоопасным для обслуживающего персонала.

Трансформатор напряжения с литой изоляцией

Материал литого корпуса ТН 6-35 кВ не имеет запаса температурного расширения, и при резких перепадах температуры окружающего воздуха подвержен появлению развивающихся дефектов внешней изоляции, что в дальнейшем может привести к повреждению и выходу из строя ТН 6-35 кВ. Материал литого корпуса ТН значительно уступает в прочности фарфоровым выводам ВН ТН с масляной изоляцией, в т.ч. на атмосферные воздействия.

Сопутствующими факторами при повреждениях ТН 6-35 кВ с литой изоляцией является феррорезонансные явления в сети, грозовые перенапряжения и заводские дефекты [2].

Опыт эксплуатации ТН 6-35 кВ современной антирезонансной конструкции с масляной изоляцией показывает надежную и устойчивую работу в сетях 6-35 кВ, в том числе при аварийных режимах в сети и неблагоприятных погодных условиях.

**Рекомендации по улучшению надежности электрической схемы сетей 6-35кВ.**

В связи со случаями повреждения эксплуатируемых на ПС 35-110 кВ ТН 6-35 кВ с литой изоляцией, сопровождающихся разрушением корпуса трансформатора, в целях повышения надежности электроснабжения потребителей, снижения рисков причинения травм персоналу, а также уменьшения эксплуатационных затрат рекомендуется:

1. Приостановить приобретение ТН-35 кВ с литой изоляцией и трехфазных ТН 6-10 кВ с литой изоляцией для организации цепей измерений и защит на ПС 35-110 кВ;
2. Произвести замену находящихся в эксплуатации ТН-35 кВ с литой изоляцией и трехфазных ТН 6-10 кВ с литой изоляцией на трансформаторы напряжения с современной антирезонансной

конструкцией с масляной изоляцией. За исключением ПС с ячейками КРУ (КРУН) 6 (10) кВ, габаритные размеры которых не позволяют установить трех фазный ТН с масляной изоляцией.

## Источники

1. Шпиганович А.Н., Огарков Н.М., Шпиганович А.А. Высоковольтное электрооборудование распределительных устройств. ЛГТУ. Липецк, 1998.

2. Халилова Ф.Х., Евдокунина Г.А. и Таджибаева А.И. Защита сетей 6.35 кВ от перенапряжений / СПб.: Энергоатомиздат, 2002. 370с.

УДК 620.9

# ИННОВАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Павел Олегович Тамилин[1], Виктор Владимирович Максимов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]tamilinpavel@yandex.ru

**Аннотация:** В глобальной энергетической системе становится чрезвычайно актуальной борьба с изменениями климата, удовлетворение возросшего спроса на электроэнергию, использование возможностей, полученных благодаря четвертой промышленной революции и затрагивающих все сектора экономики и связанные с ними качественные изменения характеристик спроса на электроэнергию. В последние годы растет общий темп внедрения инноваций, при этом внедрение инноваций в энергетическом секторе стало комплексной долгосрочной задачей.

**Ключевые слова:** инновации в энергетике; энергосистема; инновационный центр.

# INNOVATIONS IN THE ENERGY SECTOR AS A FACTOR FOR IMPROVING THE QUALITY OF LIFE

Pavel Olegovich Tamilin, Victor Vladimirovich Maksimov

**Annotation:** The global energy system is becoming extremely urgent to fight climate change, meet the increased demand for electricity, and use the opportunities gained through the fourth industrial revolution that affect all sectors of the economy and the associated qualitative changes in the characteristics of electricity demand. The overall pace of innovation has been increasing in recent years, and innovation in the energy sector has become a complex long-term task.

**Key words:** innovations in the energy sector; energy system; innovation center.

В согласовании с новой «Энергической стратегией РФ на период до 2030 года» [1] энергетические фирмы обязаны быть нацелены на наиболее эффективное применение собственного потенциала за счет активизации инноваторской составляющей в собственной деятельности. Хотя необходимо заметить, что российские энергокомпании, включаясь в процесс инноваторского вырабатывания, столкнутся с целым рядом общесистемных сложностей и задач. На нынешнем этапе вырабатывания, множество задач в области электроэнергетики обуславливаются отсутствием целостного подхода к системе промышленного и правого регулирования. В конечном итоге порядочно возрастают научно-технические, инвестиционные, предназначенные риски и, соответственно, осложняется процесс внедрения и применения инноваций в русских энергокомпаниях. В условиях саморегулирования единые стандарты

увеличат слаженность действий фирм-соучастников отрасли, позволят улучшить процессы управления энергосистемой, снабжая при этом подходящее качество и надежность ее службы. В сформировавшихся обстоятельствах приоритетное свойство будет иметь перспективные формы взаимодействия государства и коммерциала в области исследования инновационных планов для обеспеченья качества внедрения систем инноваторского маркетинга на фирмах энергетики.

В первоначальную очередь непрерывная стандартизация в энергетике, с одной стороны, гарантирует контроль и надзор за инновационными решениями и технологиями, а с другой стороны, посодействует повышению действенности деятельности энергофирм, применению оптимальных доступных технологий, осуществлении глобальных инноваторских планов. В связи с ним так живо встает вопрос о необходимости улучшения системы нормативно-технического регулирования. Выводом проблемы может стать создание отраслевого Центра стандартизации, который станет работать на принципах саморегулирования и дозволит осуществить поочередную работу над стандартами в заинтересованностях всей энергетической ветви и исключить существенные издержки и риски, сопряженных с управлением энергосистемы. В рамках его создания главной акцент обязан быть выполнен на выбор международных стандартов для использования иностранного опыта в теории «умной» энергетики России.

Другой глубокой проблемой для русской энергетики является отсутствие инфраструктуры инноваций [2]. В прошлом веке другому появлению инноваций в энергетической сфере, способствовали научно-экспериментальные университеты и центры. Российской энергетике требуется современная инфраструктура инноваций, какая станет прямо работать со всеми фирмами энергетической отрасли.

Вследствие этого для появления новых технологий нужно употреблять консолидацию интеллектуальных усилий профессионального сообщества, технологическую базу и денежные средства, которые смогут дать, например, венчурные фонды [3].

Как один из таковых платформ возможно использовать «Интеллектуальную энергетическую систему России», в стратегические цели внедрения которой обязаны входить следующие приоритеты: обеспечить инноваторское формирование и модернизацию энергетики России на базе интеллектуальных технологий, интегрировать объекты маленькой и восстанавливаемой энергетики, внедрить интеллектуальный

учет, нарастить регулируемость и надежность энергосбережения и обеспечения [4].

Запуская проект Инновационного энергопарка, Россия приобретет возможность не допустить увеличения отставания в научно-техническом развитии от США и государств Евросоюза и делает точный шаг по увеличению конкурентоспособности русской энергетики. Инновационный энергопарк будет главным звеном инфраструктуры инноваций, а именно первоначальным в собственном семействе аккуратным механизмом для достижения утилитарных результатов деятельности технологических платформ в русской энергетике [5].

## Источники

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р // Министерство энергетики РоссийскойФедерации:URL:minenergo.sov.ru/aboutminen/energostrategy/ (дата обращения: 10.12.2013).

2. Дли М.И., Какатунова Т.В. Интеграция технопарка в состав инновационной структуры региона // Проблемы современной экономики. 2008. № 2 (26). С. 252–254.

3. Дли М.И., Какатунова Т.*В.* Трехуровневая нечеткая когнитивная модель для анализа процессов инновационного развития региона // Прикладная информатика. 2013. № 1. С. 5–10.

4. Технологические платформы и инновационная активность // Капитал страны: [сайт]. URL: http://kapital-rus.ru/articles/article/200944 (дата обращения: 10.12.2013).

5. Kannberg D. GridWise: The Benefits of a Transformed Energy System // Pacific Northwest National Laboratory under contract with the United States Department of Energy. P. 25. URL: http://arXiv.org/abs/nlin/0409035 (дата обращения: 10.12.2013).

УДК 621-311.163

# КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Радмир Расихович Хисамов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
khisamov.radmir@yandex.ru

**Аннотация:** В настоящее время получили широкое распространение комбинированные системыэлектроснабжения, выполненные с использованием возобновляемых и традиционных источников энергии. В статье рассматривается три типа комбинированных систем электроснабжения, приведены их основные определения. Разработано коммутационное устройство для регулирования уровня электрической энергии от комбинированных систем электроснабжения. Показана его эффективность.

**Ключевые слова:** комбинированные системы электроснабжения, ветроэнергетические станции, фотоэлектрические станции, автономные источники энергии.

# COMBINED POWER SUPPLY SYSTEMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

Radmir Rasimovich Khisamov

**Annotation:** Currently, combined power supply systems made using renewable and traditional energy sources are widely used. The article considers three types of combined power supply systems and provides their main definitions. A switching device for regulating the level of electric energy from combined power supply systems has been developed. Its effectiveness is shown.

**Keywords:** combined power supply systems, wind power stations, photovoltaic stations, Autonomous energy sources.

В настоящее время в мире все чаще начинают применяться комбинированные системы электроснабжения (КСЭ), выполненные на базе возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) и традиционных автономных источников электроэнергии (АИЭ).

Именно благодаря такой комбинации повышается надёжность, бесперебойность, качество электроснабжения, снижается топливная составляющая затрат и доля вредных выбросов в атмосферу.КСЭ могут быть следующих типов[1]:

- система резервного электроснабжения, где основным источником энергии является внешняя электрическая сеть, а при ее пропадании – ветроэнергетические станции (ВЭС), аккумуляторные батареи (АБ) или традиционные АИЭ;

- сетевая ветро-солнечная электростанция, где основным источниками энергии являются ВИЭ,а при недостаточном её количестве она поступает от внешней сети, а при её излишке – отдаётся в промышленную сеть;

- автономная ветро-солнечная электростанция (ВСЭ), где основным источниками энергии являются солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС), ВЭС и АБ, а для повышения надёжности работы они могут содержать дизельные, бензо- или газопоршневые электростанции.

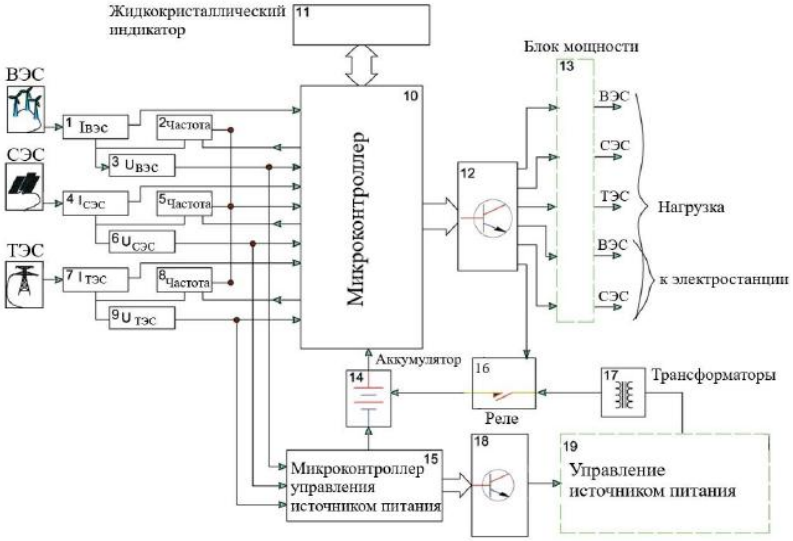
Для обеспечения автономного электроснабжения объекта на ВСЭ необходимо выполнение двух условий[2]:

− суммарная выработка электроэнергии КСЭ должна быть больше или равна суммарной электроэнергии потребляемой нагрузкой за рассматриваемый период;

− максимумы и минимумы выработки электроэнергии должны совпадать во временном промежутке с максимумами и минимумами потребляемой нагрузки.

Как показывает практика, совместная работа генерирующих ВЭС и СФЭС позволяет покрывать лишь до 40% электрической нагрузки в общей сети энергосистемы, остальные 60% должны генерироваться от внешних источников.

При передаче электрической энергии в общую энергосистему приоритет должен принадлежать энергии от ВИЭ. Для этого разработано коммутационное устройство для регулирования уровня электрической энергии от ВЭС, СФЭС и внешней сети (ТЭС) в магистральных сетях низкого, среднего или высокого напряжения(рис.).




Функциональная схема оперативного коммутирующего устройства управления генерирующими станциями ВЭС, СЭС, ТЭС

Оно позволяет регулировать долю производства энергии каждым из них, уменьшая (при переизбытке энергии от ВЭС и СФЭС) или увеличивая (при их недостатке) долю внешнего источника (энергия от ТЭС).

Автоматическое коммутирующее устройство позволяет осуществлять экономию топлива ТЭС около 2,31% по отношению к общей выработке ТЭС.

**Источники**

1. Григораш О.В., Божко С.В., Попов А.Ю. и др. Автономные источники электроэнергии: состояние и перспективы. Краснодар. 2012. 174 с.

2. Бекиров, Э.А. Электроника и электронные приборы. Преобразовательные устройства в возобновляемых источниках энергии // Симферополь: ИТ «АРИАЛ». 2014. С. 472.

УДК 621.313

# МЕТОДЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Данил Николаевич Ценев[1], Олег Владимирович Воркунов[2],
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]Dan1lcho@yandex.ru

**Аннотация:** В данной работе рассматриваются преимущества использования частотного – регулируемого привода для развития всего комплекса энергосбережения, в том числе и объектов жилищно-коммунального хозяйства.

**Ключевые слова:** энергосбережение, частотные регулируемые электроприводы, жилищно-коммунальное хозяйство.

# ENERGY SAVING BY USING A CONTROLLED ELECTRIC DRIVE WITH A FREQUENCY INVERTER

Danil Nikolaevich Tsenev, Oleg Vladimirovich Vorkunov

**Annotation:** This article shows the advantages of using a frequency-controlled drive for the development of the whole complex of energy saving, including housing and communal services.

**Key words:** energy saving, variable frequency drives, housing and communal services.

В настоящее время внедрение энергосберегающего оборудования и технологий является приоритетной задачей в РФ. Эффективность использования энергоресурсов в нашей стране не превышает 30 %, т.е. около 2/3 подведенной энергии теряется в процессе ее конечного использования. Современный уровень развития техники позволяет иметь коэффициент полезного использования энергоресурсов не менее 50-60 %, что позволяет создавать благоприятные условия для решения важных ресурсосберегающих задач любого производства.

Одним из направлений энергосбережения в промышленности является внедрение частотно-регулируемого электропривода. В мировой практике регулируемый электропривод признан одной из наиболее эффективных энергосберегающих и ресурсосберегающих экологически чистых технологий. Его использование позволяет оптимизировать работу электродвигателей, исключить непроизводительное потребление электроэнергии. Кроме повышения КПД и энергосбережения регулируемый электропривод с частотным преобразователем позволяет получить новое качество управления. Что выражается в отказе от

дополнительных механических исполнительных устройств в автоматизированных системах управления производственными процессами, снижающих надежность системы. Среди таких исполнительных устройств могут быть: заслонки, дроссели, задвижки, регулирующие клапаны. Вместо механического тормоза можно использовать торможение с помощью регулируемого электропривода с частотным преобразователем, которое осуществляется за счет обратного вращения электромагнитного поля в статоре электродвигателя.

Целесообразно использование преобразователей частоты не в качестве элементов системы управления конкретного агрегата, а как составляющих комплексных системных решений с подключением широкого набора средств автоматизации технологических процессов. Такие решения позволят получить дополнительный эффект, который заведомо больше простой экономии электрической энергии.

На базе этих преобразователей реализуются системы регулирования скоростей объектов жилищно-коммунальных хозяйства: насосы горячей и холодной воды в системах водо и теплоснабжения, ТЭС, ТЭЦ и котлоагрегатов, компрессоры, воздуховоды, вентиляторы, конденционирования, лифтовое оборудование.

Таким образом, можно сделать вывод, что целесообразность применения частотных преобразователей является одним из возможных путей энергосбережения, требующий детального изучения технологии конкретного процесса.

## Источники

1. Калашников Б.Е. Проблемы «длинного кабеля» в электроприводах с IGBT-инверторами // Электротехника. 2002. № 12. С. 24-26.

2. Беспалов В.Я., Зверев К.Н. Импульсные перенапряжения в обмотках асинхронных двигателей при питании от ШИМ преобразователей // Электротехника. 1999. № 9. С. 56-59.

УДК 621.316.925.1

# УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ОТКАЗА ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Дамир Раисович Шайхиев[1], Ленар Фирдаусович Шафигуллин[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1] damir300796@mail.ru, [2] shafigullin-lenar@mail.ru

**Аннотация:** В энергетических системах для передачи электроэнергии по кабельным и воздушным линиям электропередач ключевую и важную роль играет релейная защита, которая позволяет предотвратить крупные аварии и сохранить дорогостоящее оборудование. В статье предложено применение схемы устройства отказа выключателя (УРОВ), установленных в распределительных подстанциях (РП) сети 6-10кВ обеспечивающее отключение вышестоящего выключателя при отказе одного из выключателей на отходящей линии. В представленных схемах выполнено улучшение, которое увеличит информативность о работоспособности схемы УРОВ и повысит надежность работы защит.

**Ключевые слова:** Устройство резервирования отказа выключателя, короткое замыкание, ячейки КРУЭ, МПУ Бреслер.

# CIRCUIT BREAKER FAILURE REDUNDANT CIRCUIT IMPROVEMENT

Damir Raisovich Shaikhiev, Lenar Firdausovich Shafigullin

**Annotation:** In power systems for the transmission of electricity via cable and overhead power lines, relay protection plays a key and important role, which allows you to prevent major accidents and save expensive equipment. The article proposes the use of a circuit breaker failure device (CBRO) circuit installed in distribution substations (RP) of a 6-10 kV network, which ensures the disconnection of the upstream circuit breaker in case of failure of one of the switches on the outgoing line. In the presented schemes, an improvement has been made that will increase the information content about the performance of the circuit breaker failure protection and increase the reliability of the protection operation.

**Key words:** Breaker failure backup device, short circuit, GIS cubicles, MPU Bresler.

Устройство резервирования отказа выключателя используется на подстанциях на секциях шин 110кВ и выше, а также по стороне 6-10кВ. Рассмотрим действие защиты УРОВ в РП напряжением 10кВ. Уставка и сама защита вводится на вводных ячейках и имеют выдержку времени как правило 0,25с. Принцип работы УРОВ основан на резервировании выключателя на отходящей линии в следствии его механического застревания привода, возможного обрыва схем управления или других случаев отказа и отключения вышестоящего выключателя [1].

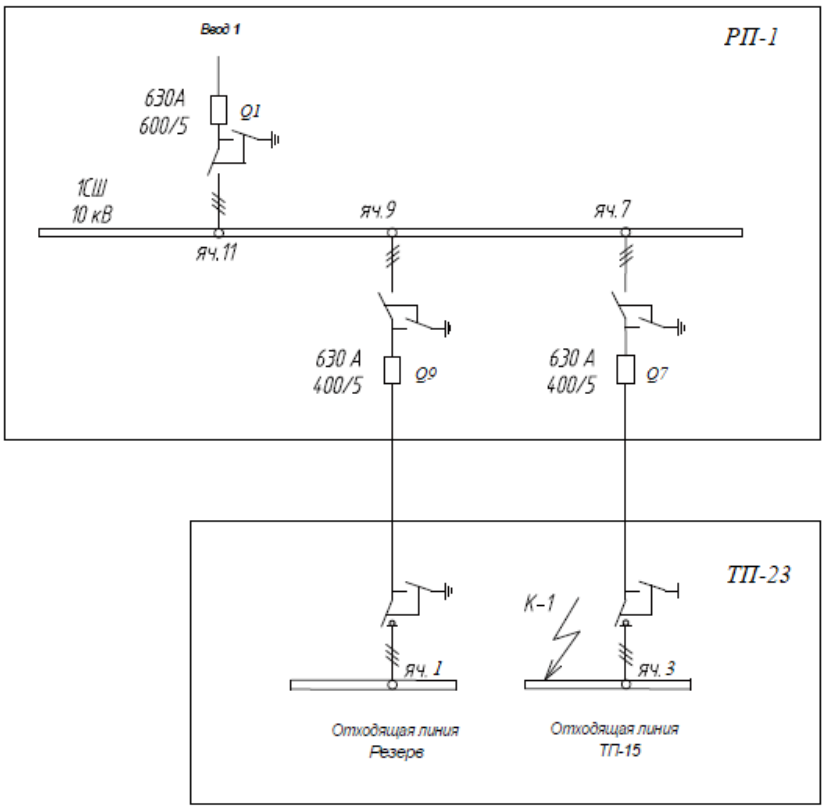



Рис. 1. Первичная схема РП и ТП

На рис. 1 представлена схема РП-1 и ТП-23. При коротком замыкании (КЗ) в точке К-1 запускается максимальная токовая защита (МТЗ) в РП-1 в ячейке №7 и №1. В нормальном режиме отключение произойдет в РП-1 яч.7 при помощи выключателя Q7 с примерной выдержкой времени 0,6с. В случаи отказа действия выключателя в ячейке №7 с выдержкой времени 0,25с подается сигнал на МПУ Бреслер в ячейку №11 вводного выключателя (ввод 1) и произойдет отключения всей секции с минимальной выдержкой времени.

Чтобы обеспечить надежность работы схемы УРОВ в случаи отказа выключателя отходящей линии было внедрено в схему РЗА (рис.2) дополнительное промежуточное реле К3 позволяющее контролировать наличие напряжения во вторичных цепях схемы и в случаи отсутствия напряжения на схеме выдать сигнал о неисправности защиты УРОВ.

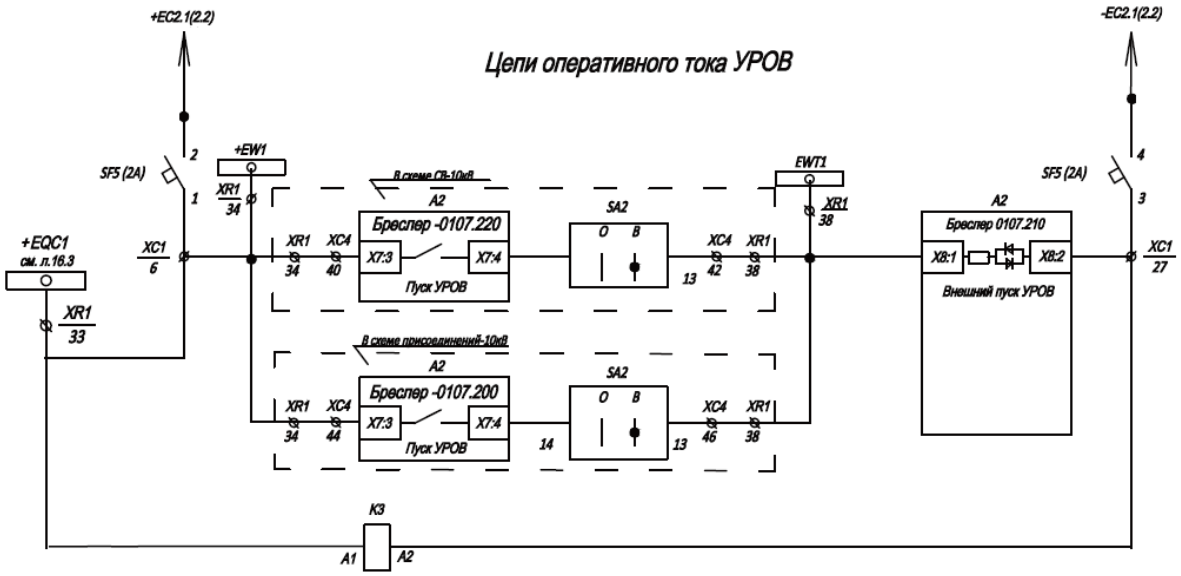



Рис. 2. Схема УРОВ

Реле К3 подключается параллельно схемы питания защиты цепей и контролирует напряжение вторичных цепей УРОВ на шинках, которые проходят по всей секции шин в РП. При потере напряжения на шинках УРОВ произойдет отпадание реле К3 и своими контактами выдаст сигнал о неисправности защиты УРОВ на шкаф сигнализации и в диспетчерский пункт.

При подключении одного реле в схему УРОВ, мы увеличиваем информативность и надежность схемы РЗА. Во время срабатывания данного реле оперативный и дежурный персонал получат информацию о неисправности защиты УРОВ и смогут вызвать соответствующий персонал для устранения неисправности.

## Источники

1.Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения, Высшая школа, 2006.

УДК 621.315.1

# ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ (ИЭУ) И ОЦЕНКИ ПРАВИЛЬНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТ

Шамиль Рустамович Яхин[1], Айдар Хайдарович Сабитов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]reventon.201223@gmail.com

**Аннотация:** В статье описан опыт разработки и внедрения автоматизированной системы мониторинга и анализа функционирования устройств цифровой релейной защиты и оценки правильности срабатывания защит на энергообъектах 6-750 кВ.

**Ключевые слова:** Система мониторинга защиты, автоматический анализ неисправностей, оценка срабатывания релейной защиты, ИЭУ.

## EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND ANALYSIS OF THE OPERATION OF RELAY PROTECTION DEVICES (IED) AND ASSESSMENT OF THE CORRECT OPERATION OF PROTECTIONS

Shamil Rustamovich Yakhin, Aydar Khaidarovich Sabitov

**Annotation:** The article describes the experience in the development and implementation of an automated system for monitoring and analyzing the functioning of digital relay protection devices and assessing the correct operation of protections at power facilities of 6-750 kV.

**Key words:** Protection monitoring system, automatic fault analysis, evaluation of relay protection operation, IED.

За последние 15 лет в общей доле устройств Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы (ФСК ЕЭС) увеличилось количество микропроцессорных устройств релейной защиты различных типов, исполнений и производителей. Вместе с тем возросла сложность оценки технического состояния и эксплуатации ИЭУ. С 2014 по 2017 год произошло как минимум 14 отказов системы, из них в 10 случаях основной причиной развития отказов были неисправности ИЭУ.

В 2018 году в сетях ВН-СН выявлено 845 случаев неисправности релейной защиты, из которых 178 случаев (21%) – это ИЭУ [1]:

- внутренняя неисправность ИЭУ;
- сбой внутреннего программного обеспечения и непреднамеренное отклонение настроек;
- неисправности вторичных проводов;
- ошибки настройки параметров при расчетах или вводе в эксплуатацию.

В связи с этим в 2018 году был разработан и внедрен корпоративный стандарт: «Технические требования к автоматизированной системе мониторинга и анализа функционирования устройств релейной защиты, в том числе интеллектуальных электронных устройств, работающих по стандарту *IEC* 61850» [2]. Было заявлено, что «Автоматизированный мониторинг доступности является неотъемлемой частью технического обслуживания СВУ на основе состояния и может быть реализован с помощью новой информационной системы».

Следующим шагом стала разработка прототипа автоматизированной системы контроля и анализа функционирования релейной защиты (далее - Система) на подстанциях ВН и 2 Центрах управления ФСК ЕЭС и Системного оператора Единой энергетической системы России (СО ЕЭС). . Рекомендации [3] были рассмотрены перед запуском проекта.

Информационный обмен данными между компонентами Системы, установленными на площадках ФСК ЕЭС и СО ЕЭС, позволяет:

- оперативно получать данные о неисправностях на подстанциях
- выполнять автоматизированный анализ и локализацию неисправностей в энергосистеме
- использовать результаты моделирования неисправностей с использованием технологии «цифрового двойника» для ИЭУ для оценки правильности работы и обнаружения ошибок. В настоящее время система проходит пилотный период, в течение которого должны быть проверены алгоритмы контроля и анализа работы релейной защиты.

Функциональная структура автоматизированной системы мониторинга и анализа релейной защиты представлена на рис. 1.

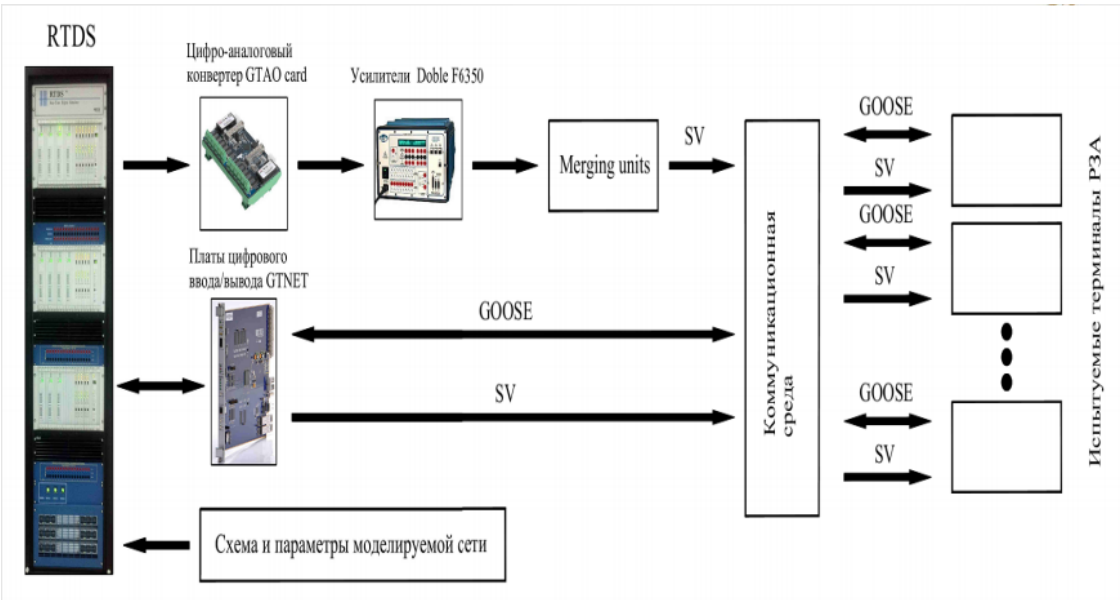



Рис. 1. Функциональная структура системы

Основные объекты, подлежащие мониторингу в Системе:

1) устройства релейной защиты, включая внутренние аппаратные компоненты устройств и внешние цепи, которые реализуют функции релейной защиты в целом и обслуживаются все вместе.

2) коммутационные устройства релейной защиты (выключатели, тестовые блоки, функциональные клавиши).

3) первичные коммутационные аппараты - выключатели, срабатывающие по командам устройств релейной защиты.

4) вспомогательное оборудование энергообъекта, влияющее на работу релейной защиты: автоматические выключатели в системе оперативного электроснабжения, аппаратура передачи данных для релейной защиты.

В Системе реализована двухуровневая архитектура - Подстанция и Предприятие. Он включает сбор данных с объектов мониторинга и локальную обработку на нижнем уровне системы - подстанции, а также централизованную обработку, анализ и долгосрочное хранение собранных данных и результатов мониторинга на верхнем уровне - в офисах компании-собственника, а также в офисе системного оператора, используя подключение через веб-сервисы.

Все модули Системы имеют унифицированные наборы протоколов взаимодействия, требований к информационной безопасности и масштабируемости. Архитектура системы реализована в виде клиент-серверного, объектно-ориентированного, компонентного программного обеспечения с использованием шин сообщений и микросервисов.

Рассмотрим результаты испытаний, представленных на рис. 2 и табл. 1.

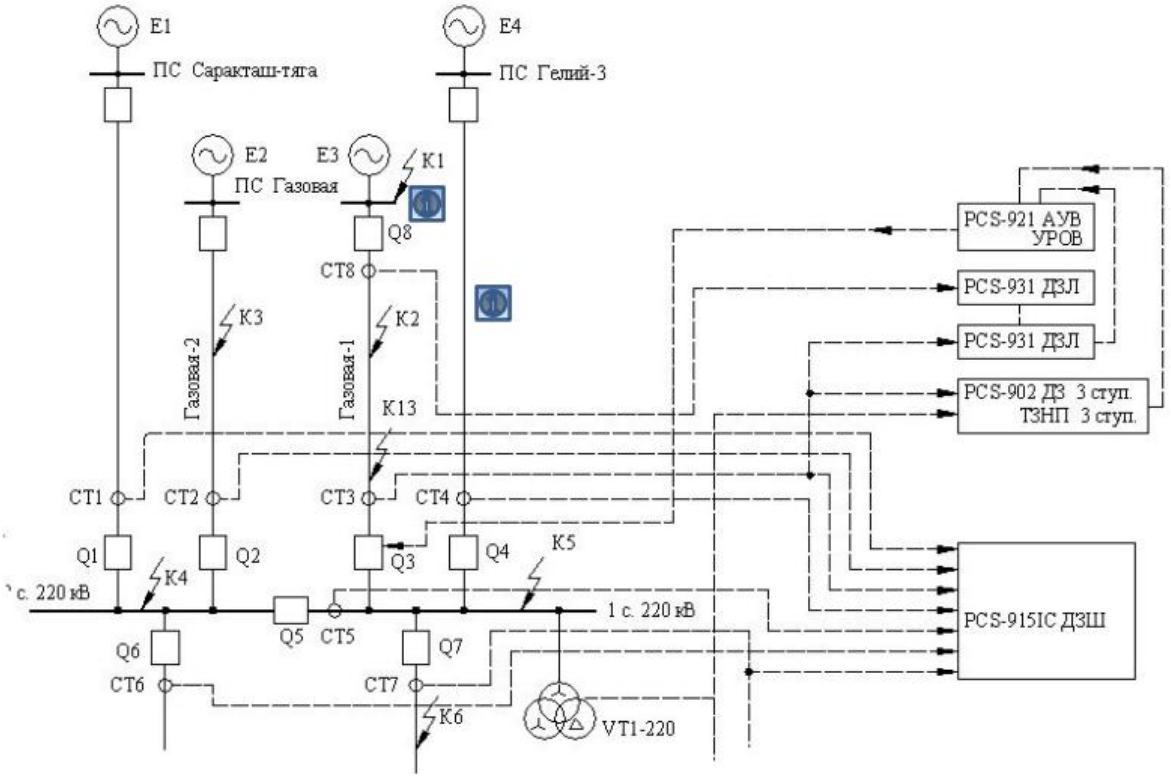



Рис. 2. Фрагмент моделируемой сети и подстанции

Таблица 1

Срабатывание защит на КЗ

| № Опыта | Режим испытаний | Действие испытуемых функций защиты |
|---|---|---|
| 1 | Нормальный режим | Срабатывание защит отсутствует |
| 2 | Однофазное КЗ на ф. А в точке К1 | Срабатывание защит отсутствует. Пуск 1 и 2 ступеней ТЗНП ВЛ 220 кВ Газовая-1 и ТЗНП АТ1. |
| 3 | Трехфазное КЗ в точке К2. Точка КЗ находится на расстоянии 0,1 длины линии в сторону ПС Каргалинская от расчетной границы 1 и 2 зоны ДЗ. АПВ со стороны ПС Каргалинская неуспешно. | Срабатывание ДЗЛ и 1-й ступени ДЗ ВЛ 220 кВ Газовая-1. Работа АПВ. Пуск 1 и 2 ступеней ДЗ АТ1 на стороне 220 кВ. |
| 4 | Трехфазное КЗ в точке К3. Точка КЗ находится на расстоянии 0,1 длины линии от ПС Каргалинская. Длительность КЗ 120 мс. АПВ со стороны ПС Каргалинская неуспешно. | Срабатывание защит отсутствует. Пуск 3-й ступени ДЗ ВЛ 220 кВ Газовая-1, 1 и 2 ступеней ДЗ АТ1 на стороне 220 кВ. |
| 5 | Трехфазное КЗ в точке К4. | Срабатывание ДЗШ 2 секции шин 220 кВ. Пуск 3-й ступени ДЗ ВЛ 220 кВ Газовая-1, 1 и 2 ступеней ДЗ АТ1 на стороне 220 кВ. |
| 6 | Однофазное КЗ на ф. А в точке К5. | Срабатывание ДЗШ 1 секции шин 220 кВ. Блокировка АПВ. Пуск 3-й ступени ТЗНП ВЛ 220 кВ Газовая-1, 1 и 2 ступеней ТЗНП АТ1 на стороне 220 кВ. |

Основное преимущество внедрения данной системы – повышение надежности системы релейной защиты и автоматизации энергообъекта с уменьшением количества отключений и неисправностей. Это достигается путем регулярного онлайн-мониторинга различных компонентов системы релейной защиты и выявления ошибок в текущей работе и конфигурации устройств релейной защиты. После успешной опытно-промышленной эксплуатации планируется разработать серийный вариант автоматизированной системы контроля и анализа работы релейной защиты и приступить к ее масштабированию на других объектах энергетики.

## Источники

1. Годовой отчет Публичного акционерного общества «Россети» (ПАО «Россети»).

2. Корпоративный стандарт 34.01-4.1-007-2018 «Россети», ПАО «Технический»,2018.

3. Международный совет по большим электрическим системам. Новые тенденции в автоматизированном анализе неисправностей и нарушений. Отчет РГ B5.20 СИГРЭ за 2012 г.

# Секция 9. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

УДК 621.315.175/ББК 31.279.2

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УСТРАНЕНИЯ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Амир Динарович Арсланов[1], Дмитрий Алексеевич Иванов[2],
Марат Фердинантович Садыков[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]arslanovad97@gmail.com, [2]ivanov.da@kgeu.ru, [3]sadykov@mail.ru

**Аннотация:** В работе описана проблема гололедообразования на высоковольтных линиях электропередачи в осенне-зимний период. Приводятся возможные аварийные последствия обледенения проводов. Рассматривается алгоритм устранения гололеда на участках воздушной линии электропередачи с помощью разработанной установки. Приводится описание работы системы автоматизированного контроля и устранения гололедообразования.

**Ключевые слова:** плавка гололеда, система мониторинга гололедообразования, высоковольтные линии электропередачи, предотвращение гололедных отложений, надежность.

# AUTOMATED ICEFORMATION CONTROL AND REMOVAL SYSTEM FOR OVERHEAD POWER LINES

Amir Dinarovich Arslanov, Dmitriy Alekseevich Ivanov,
Marat Ferdinantovich Sadykov

**Annotation:** The work describes problem of ice formations on high voltage power lines in autumn-winter period. The article provides information about possible emergency consequences of icing wires. An algorithm for removing ice formations on overhead powerlinessections using the developed system is considered. Operation of the automated control and removal system is described too.

**Keywords:** ice melting, ice formation monitoring system, high voltage power lines, prevention of ice formations, reliability.

Одной из наиболее распространенных причин аварий в электроэнергетических системах повышенной мощности является образование плотного ледяного осадка на проводах высоковольтных линий электропередачи (ВЛЭП). Гололедообразование является причиной увеличения массы проводов, что соответственно приводит к критическому повышению статических и динамических нагрузок на высоковольтных линиях [1]. Последствиями таких перегрузок являются: обрыв проводов,

их сближение на недопустимое расстояние, интенсивное раскачивание проводов с возможностью замыкания, обрыв грозозащитных тросов, разрегулировка проводов и тросов, ухудшение защитных свойств изоляторов, разрушение опор [2, 3].

Для предотвращения такого рода аварийных ситуаций в осенне-зимний период становится актуальной задача обнаружения и устранения обледенений на ВЛЭП. В качестве решения данной проблемы предлагается использовать разработанную автоматизированную систему контроля и плавки гололедообразования.

Разработанная система предназначена для разветвленных распределительных сетей 0,4-6-10 кВ, так как они являются наиболее незащищенными с точки зрения проблемы гололедообразования. Образование обледенений на них свыше критической массы, как правило отмечается только на части линии, обычно на нескольких пролетах. Исходя из этого оборудование ВЛЭП 0,4-6-10 кВ системами стационарной плавки, которые прогревали бы всю линию, является нецелесообразным с точки зрения энергозатрат и финансовых затрат, соответственно. Поэтому, в связи с локальным характером образования участков с критической массой гололеда, для нашей системы была разработана мобильная установка для плавки.

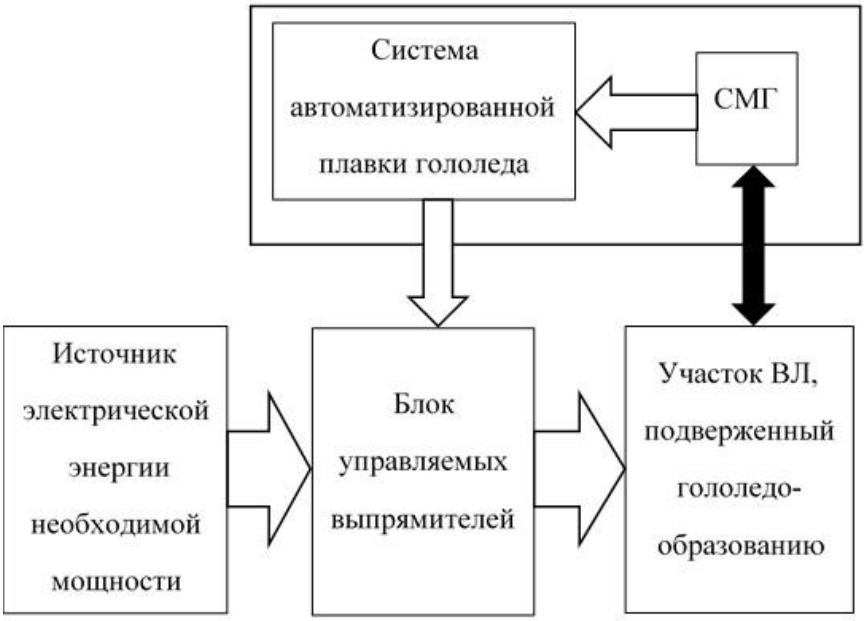
Разработанная система работает следующим образом:

На пролетах ВЛЭП устанавливаются системы мониторинга гололедообразования (СМГ). СМГ представляют собой совокупность датчиков угла провиса и температуры провода. Также в них встроены модули радиосвязи для сообщения с диспетчерским центром и сопряжения с мобильной установкой плавки. При образовании критического уровня гололедообразования в диспетчерский центр отправляется сигнал о наличии соответствующей проблемы, откуда обслуживающему персоналу будут переданы указания о наличии участка требующего плавки установкой.

На место образования обледенения выезжает мобильная платформа плавки гололеда, которая работает по принципу нагревания провода, с помощью подачи на него большого постоянного тока. Нагретый провод соответственно оплавляет оказавшиеся на нем образования.

На месте провиса провода проводятся необходимые подключения и устанавливается сопряжение СМГ и системы автоматизированной плавки по каналу радиосвязи. В интерфейсе установки указываются текущие метеорологические условия на территории обслуживаемого участка, затем происходит включение установки.

Установка автоматически определяет состояние провода исходя из программных расчетов, учитывающих погодные условия и показания с СМГ в реальном времени. Исходя из расчетов оборудование самостоятельно регулирует подачу тока на обледеневший участок до тех пор, пока проблема не будет устранена. Блок схема работы установки приведена на рисунке.




Блок-схема работы системы автоматизированного контроля и устранения гололедообразования на воздушных линиях электропередачи

## Источники

1. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним. Л.:Гидрометеоиздат, 1990. 68 с.

2. Дьяков А.Ф., Засыпкин А.С., Левченко И.В. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем. Пятигорс: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. 284 с.

3. Левченко И.И. Плавка гололёда на проводах и тросах воздушных линий высокого напряжения: Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 1998. 44 с.

УДК 621.577

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКСС ВКЛЮЧЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ПРОЦЕССАХ РЕКТИФИКАЦИИ

Елена Вячеславовна Габелия[1], Людмила Валерьяновна Плотникова[2],
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]gabeliaelena@mail.ru

**Аннотация:** в статье рассмотрены варианты структуры энергетического комплексас включением теплонасосных установок в процессах ректификации с целью повышения эффективности их работы, снижения энергопотребления и улучшения экологической обстановки путем утилизации потоков тепловой энергии, образующихся в процессе разделения смеси.

**Ключевые слова:** энергетический комплекс, ректификация, тепловой насос, энергосбережение.

# ENERGY COMPLEX WITH THE INCLUSION OF HEAT PUMPS IN THE PROCESS OF RECTIFICATION

Elena Vyacheslavovna Gabelia, Lyudmila Valerianovna Plotnikova

**Abstract:** the article discusses options for the structure of the energy complex with the inclusion of heat pump units in the rectification processes in order to increase their efficiency, reduce energy consumption and improve the environmental situation by utilizing heat energy flows generated during the separation of the mixture.

**Keywords:** energy complex, rectification, heat pump, energy saving.

В настоящее время значительное внимание уделяется проблемам, связанным с экологической обстановкой и энергосбережением на промышленных предприятиях. Одним из путей решения данной проблемы является снижение потребления ископаемого топлива за счет создания комплексов по рекуперации сбросной энергии.

Рассмотрим один из наиболее энергоемких процессов в химической промышленности – процесс ректификации. Данный процесс часто осуществляют применением схемы с тепловыми насосами с целью рекуперации, где в качестве источника низкопотенциального тепла выступают пары дистиллята. Применение такого комплекса позволяет повысить энергоэффективность схемы [1, с.55].

Применяется несколько разнообразных схем ректификационных установок с внедрением теплонасосных установок. Основной отличительной характеристикой в них является максимально допустимая разнице температур в верху и низу колонны, и как следствие, наличие или отсутствие промежуточного теплоносителя. Для обеспечения нагрева куба

колонны тепловой насос использует низкопотенциальное тепло паров дистиллята. Особенностью данного варианта является отсутствие промежуточного теплоносителя и возможность использования только при незначительной разности температур низа и верха ректификационной колонны (не более 15-20°С).С точки зрения исполнения наиболее простой является ректификационная установка с использованием схемы теплонасосной установки без использования промежуточного теплоносителя, где в качестве теплоносителя применяется продукт колонн.

Значительно снизить энергопотребление можно с помощью применения схемы с двумя теплонасосными установками. Также упростить аппаратное обеспечение энергокомплекса и снизить его капиталоемкость возможно при использовании жидкостно-газового эжектора вместо компрессора для повышения потенциала паров дистиллята. При этом эжектор является более надежным узлом схемы, а также выступает в качестве дефлегматора паров дистиллята, кроме того подогревает исходную смесь. Нагрев кубовой жидкости при использовании данной схемы также может выполняться с применением трубчатой печи, это позволит использовать такую схему в температурно-нагруженных процессах разделения. Наиболее распространенным вариантом схемы, в виду своей просты и низкой стоимости является схема с применением одной парокомпрессионной теплонасосной установки. После прохождения куба теплоноситель охлаждается в охладителе оборотной водой и дросселируется до давления соответствующего верху колонны, при этом его температура также снижается. Часть жидкости с помощью насоса подается на орошение колонны, другая часть отправляется в хранилище в виде дистиллята. При использовании данной установки является возможным получение разности температур низа и верха колонны в 25-35°С [2, с.62].

На основании данных, полученных из литературных источников, можно сделать важный вывод о том, что в качестве наиболее значимого критерия, который ограничивает область применения схем с использованием тепловых насососов местно с ректификационными установками, выступает максимальная разность температур вверху и внизу колонны, которая составляет 30°С [3, с.165].

Кроме разности температур вверху и внизу колонны, большое влияние на стоимость оказывает производительность схемы; именно поэтому для корректной оценки эффективности работы схемы ректификации с использованием теплового насоса требуется переоценка ее

технико-экономических показателей также и с учетом изменения цен на топливо в соответствии с современным положением дел.

## Источники

1. Хоменков А.С., Ильина С.И. Энергосбережение в процессах ректификации с применением тепловых насосов // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. №. 5 (186). С 50-63.

2. Носов Г.А., Михайлов М.В. Перспективы применения тепловых насосов при проведении комбинированных массообменных процессов // Тонкие химические технологии. 2018. Т. 13. №. 1. с. 55-65.

3. Негрышева Е.А., Плотникова Л.В. Термодинамический анализ системы утилизации сбросной энергии на химическом заводе // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. 2019. С. 164-165.

УДК 622.42

# ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБМОТОК МЕТОДОМ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА

Лейсан Радиковна Гайсина,
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
Leisan.05@mail.ru

**Аннотация:** В тезисе рассматриваются суть метода частотного анализа, принцип работы импульсного и частотного метода.

**Ключевые слова:** частотный анализ, силовой трансформатор, обмотки, импульсный метод, частотный метод.

# DIAGNOSTICS OF THE MECHANICAL CONDITION OF WINDINGS BY THE METHOD OF FREQUENCY ANALYSIS

Leysan Radikovna Gaisina

**Annotation:** The thesis examines the essence of the frequency analysis method, the principle of operation of the pulse and frequency methods.

**Key words:** frequency analysis, power transformer, windings, pulse method, frequency method.

Суть метода частотного анализа (МЧА) заключается в подаче сигнала на вводы обмоток силового трансформатора, с последующим снятий реакции этих обмоток, с последующим сравнением с эталонным значением. Данный метод является сравнительным, это означает, что для проведения этого вида диагностики необходимо иметь характеристики снятые с совершенно нового трансформатора. Как правило, это осуществляется на заводе изготовителе.

С помощью МЧА можно обнаружить деформацию обмотки и ее перемещение или частичный пробой обмотки, короткозамкнутую обмотку, проблему подключения к сердечнику и движение сердечника или неправильное заземление. Существуют два подхода снятия частотных характеристик: частотный и импульсный.[1]

У импульсного метода принцип работы заключается в следующем: канал захвата входных данных подключается непосредственно к встроенному импульсному генератору. Поэтому канал захвата входных данных записывает сигнал, передаваемый импульсным генератором. Этот сигнал напряжения, подаваемый импульсным генератором, вводится в выбранную фазовую обмотку трансформатора. По сути, это то, что измеряется импульсным методом и определяется как «отпечаток пальца»

намотки. Любое физическое изменение структуры обмотки приведет к изменению индуктивных и емкостных свойств обмотки, которые могут быть обнаружены с помощью анализа частотной характеристики.

Импульсный метод, считается очень быстрым, и для генерации следов частотного анализа требуется всего несколько минут.

У частотного метода сигнал возбуждения, заданной частоты, подается на одну клемму трансформаторного ввода, а отклик получают на другом конце обмотки или на другом терминале. Тогда передаточная функция обмотки вычисляется по измеренным сигналам возбуждения и отклика.

Частота сигнала возбуждения варьируется в широких пределах для обнаружения отклонений в реакции частотного метода, с помощью которых можно судить о механической неисправности, а также о качестве изоляции. Частотно-зависимые параметры обмотки, такие как индуктивности и емкости, определяют резонансные частоты, которые появляются как пики и долины в функциях передачи частотных характеристик. [2]

## Источники

1. Справочная книга под редакцией Лизунова С.Д. и Лоханина А.К. М.: Энергоиздат, 2004. 616 с.

2. Доступно по: https://ru.wikipedia.org/wiki/Амплитудно-частотная характеристика.

УДК 621.314.21

# ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Лейсан Радиковна Гайсина
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Leisan.05@mail.ru

**Аннотация:** В тезисе предложена своевременная диагностика силовых трансформаторов, с последующими мероприятиями по продлению жизни СТ. Большое количество аварийных ситуаций СТ связаны с ухудшением твердой изоляции СТ. В данной работе рассмотрим некоторые методы диагностики твердой изоляции СТ. Диагностика, в первую очередь проводится для определения неисправностей на ранних стадиях, анализ функционирования, определение и разработка возможности увеличения, остаточного ресурса трансформатора.

**Ключевые слова:** силовой трансформатор, своевременная диагностика, старение изоляции, степень полимеризации, целлюлоза.

# POWER TRANSFORMER DIAGNOSTICS

Leysan Radikovna Gaisina

**Annotation:** The thesis proposes timely diagnostics of power transformers, followed by measures to extend the life of the CT. A large number of emergencies of ST are associated with deterioration of solid insulation of ST. In this paper, we will consider some methods for diagnostics of solid insulation of ST. Diagnostics, first of all, is carried out to identify malfunctions at early stages, analyze the functioning, determine and develop the possibility of increasing the residual life of the transformer.

**Key words:** power transformer, timely diagnostics, aging of insulation, degree of polymerization, cellulose.

Силовой трансформатор является одним из важных и затратных элементов электроэнергетической системы. Выход из строя силового трансформатора при отсутствии резервов может привести к серьезным экономическим и техническим проблемам. Именно поэтому важно проводить своевременную диагностику силовых трансформаторов, с последующими мероприятиями по продлению жизни СТ. [1]

Старение изоляции заметно ухудшает диэлектрические свойства изоляции и это может привести к выходу из строя оборудования. Чтобы узнать, насколько изоляция потеряла свои первоначальные свойства, определяют степень полимеризации изоляции.

Не смотря на все продвижения в области искусственных полимеров, в трансформаторах по-прежнему используется изоляция на основе целлюлозы. Целлюлоза является органическим полимером. Молекула в целлюлозе образует цепь, состоящую примерно из 1200 колец глюкозы.

СП изоляции определяется числом разрывов молекулы. Для целлюлозы это число равно 5, то есть примерно при степени полимеризации=200, изоляция считается полностью изношенной. [2]

– Наиболее удобным способом по определению СП является оценка вязкости раствора. Раствор состоит из полимера, который разбавили, необходимым растворителем (виннокислый аммоний и соли, содержащие комплекс кадмий-этилендиамин).

– Для наиболее точного анализа старения изоляции СТ ,измеряют степень полимеризации витковой изоляции из одной верхней катушки, рядом с тем местом, где предполагается выход нагретого масла. Это место определяют по конструкции трансформатора. Такой анализ проводят отключив СТ от сети, для рационализации, при выводе трансформатора в кап. ремонт, либо при замене масла.

–При вскрытии трансформатора, добывают изоляцию, путем срезания верхнего слоя (причем нельзя затрагивать следующий слой бумаги), нужно обратить внимание, на то что нельзя срезать изоляцию по всей поверхности витка нужно соблюдать отступы, чтобы не нарушить плотность намотки, после того как получили необходимое количество изоляции, производится подмотка изоляции (крепированной бумагой или лакотканью). Если изоляция стала слишком ломкой и отслоилась, то необходимо собрать несколько кусков этой изоляции на местах отслоения.

Затем изоляцию отмывают от масла, измельчают, и растворяют в растворе. С помощью секундомера, производят замер, за какое время раствор пройдет через капилляр вискозиметра. В конце рассчитывают средневязкостную степень полимеризации. [3]

Диагностика силового трансформатора важное мероприятие, по оценке состояния, для своевременного обнаружения дефектов и ремонта.

## Источники

1. ГОСТ Р 52719-2007 «ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ. Общие технические условия.»

2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Силовой_трансформатор

3. https://dimrus.ru/texts/measpd.html

УДК:621.313.12

# СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Виктор Иванович Доманов[1], Динар Салаватович Халиуллов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
[1,2]dired073@gmail.com

**Аннотация:** В работе рассматривается схема системы мониторинга энергетических параметров для автономной электростанции альтернативной энергетики. Произведен подбор элементной базы.

**Ключевые слова:** ВЭУ, альтернативная энергетика, асинхронный генератор, электромеханический преобразователь, обмотка возбуждения, рабочая обмотка, система мониторинга.

# SYSTEM MONITOR ENERGY PARAMETERS FOR AUTONOMOUS POWER PLANT

Viktor Ivanovich Domanov, Dinar Salavatovich Khaliullov

**Abstract:** The paper considers a diagram of a system for monitoring energy parameters for an autonomous power plant of alternative energy. The selection of the element base has been made.

**Key words:** wind turbine, alternative energy, asynchronous generator, electromechanical converter, excitation winding, working winding, monitoring system.

В настоящее время проблемы глобального потепления и экологии наиболее актуальны. Мы уже можем наблюдать глобальные изменения климата и биосферы. Основной причиной которого является выбросы $CO_2$, но для обеспечения жизнедеятельности человека нужна электроэнергия, большая часть которой вырабатывается на ТЭЦ при сжигании угля. ТЭЦ является классическим видом энергетики, которые получили наибольшее распространение. Так же есть и альтернативная электроэнергетика, отличительной чертой которой является экологичность, при производстве электроэнергии данным способом не происходит выбросов в окружающую среду.

Одним из самых развитых направлений в данной области является ветроэнергетика. Но и тут есть свои проблемы, такие как непостоянство скорости воздушных масс, а значит и выходной мощности традиционных ветрогенераторов. Одним возможных решений может быть использование электромеханического модуля на основе асинхронной машины с нестандартной конструкцией обмотки статора [1]. Данный модуль может

быть использован как ветрогенераторах так и в гидрогенераторах. Важной особенностью при использовании данного модуля в автономных энергетических установках является отсутствие необходимости стабилизировать выходную мощность [2]. Это позволяет исключить дополнительные ступени преобразования и стабилизации выходной электрической мощности применяемых в традиционных установка на основе синхронных машин. Исключив систему стабилизации, компоненты которой имеют установочную мощность соизмеримую с мощностью самого электромеханического модуля, положительно скажется на себестоимости такой установки, а значит, позволит сделать альтернативную энергетику более доступной.

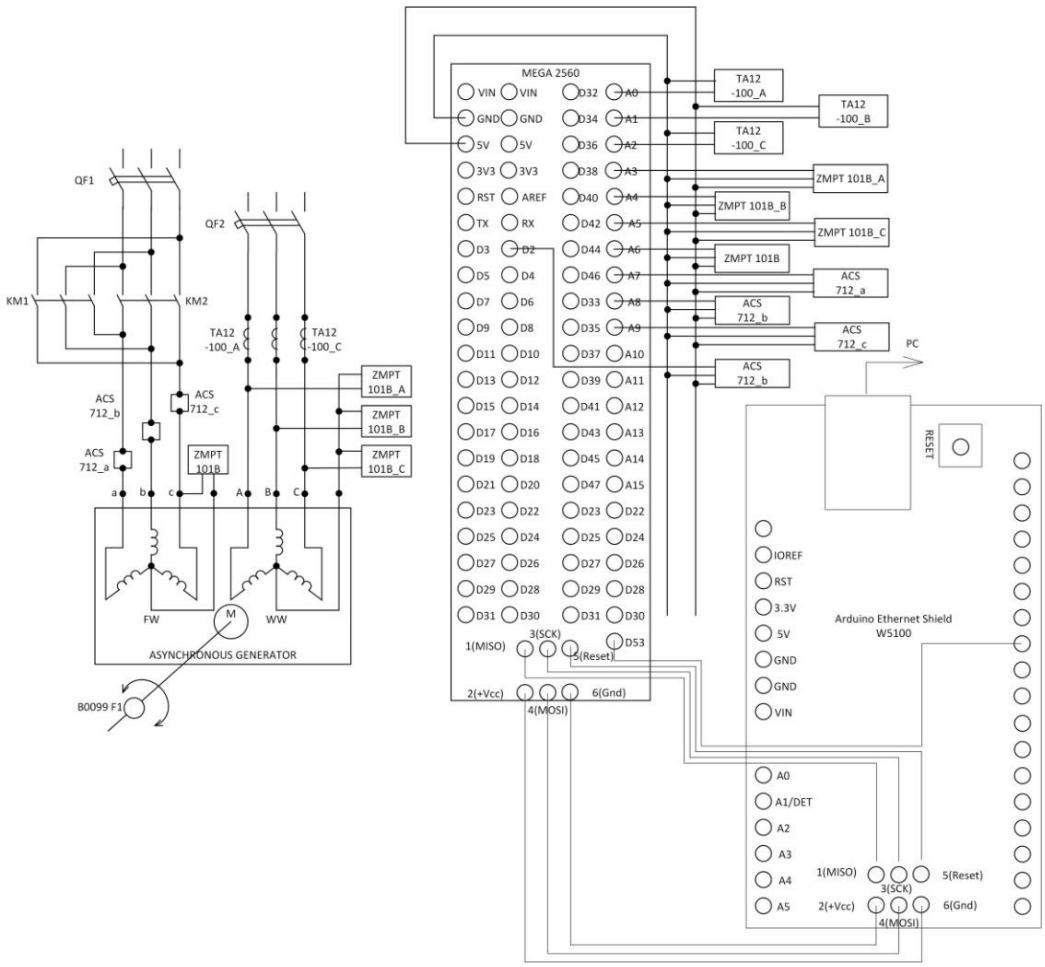
Для дальнейшего изучения и построения электромеханического модуля, который может быть использован в автономных энергетических установках для альтернативной энергетики, необходима автоматическая система мониторинга входных и выходных электрических параметров с каналом связи *Ethernet*.

Для качественного анализа параметров электромеханического модуля необходимы следующие данные снимаемые с обмотки возбуждения (*FW*) и рабочей обмотки (*WW*):

- Значения токов *FW* и *WW*
- значения напряжений *FW* и *WW*
- частота напряжения *WW*

В качестве контроллера предложено использовать *Arduino MEGA*2560 Pro (чип *usb CH*340) – компактная плата микроконтроллера, базирующаяся на Atmega2560.Он зарекомендовал себя как простой, надёжный и недорогой в эксплуатации ПЛК, обладающий достаточной мощностью для обработки необходимой информации, так же у него достаточное количество аналоговых входов для подключения датчиков, которые будут снимать необходимые характеристики с электромеханического преобразователя во время его работы.

Статор данного электромеханический модуля имеет обмотку возбуждения (*FW*) и рабочую обмотку (*WW*). Для контроля потребляемого тока *FW* в каждой фазе установлен датчик тока *ACS* 712. Для контроля напряжения установлен относительно нулевой точки датчик напряжения *ZMPT* 101B. Для контроля токов *WW* в каждой фазе используется датчик тока TA12-100.Для контроля напряжений в *WW*, в каждой фазе подключены датчики напряжения по аналогии с FW. Все эти датчики аналоговые и подключены к аналоговым входам ПЛК.




Система мониторинга энергетических параметров для автономной электростанции

Имеется система, построенная на асинхронном генераторе нестандартной конструкции и благодаря особенности этого электромеханического модуля возможно отказаться от дополнительных ступеней стабилизации выходной мощности в процессе передачи генерируемой электроэнергии потребителю в угоду себестоимости всей системы. В процессе решения поставленной задачи мониторинга электрических параметров автономной генераторной установки, так же может быть решена задача управления этой установкой путём внесений изменения и добавления алгоритмов работы программы.

Данная система представляет собой относительно простое техническое решение. Используемый язык программирования для создания данной системы является одним из самых распространённых языков программирования *C*. Элементная база, входящая в систему, распространена, и имеет низкую цену. Все эти особенности позволяют сделать альтернативную энергетику более доступной для потребителя.

## Источники

1. Доманов В.И, Доманов А.В.,Халиуллов Д.С. Автономная генераторная установка установка на базе асинхронной машины с короткозамкнутым ротором. Пат. RU 2629 552 C2 МПК 51H02P 9/00, H02P 9/46,H02K 17/42.

2. Волков Н.И., Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики / М.: Высшая школа, 1986. 335с.

УДК 532.548

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕГАЗОВОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Екатерина Андреевна Зотова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
kwonek@mail.ru

**Аннотация:** выход из строя маслонаполненного силового трансформатора может привести к аварии в энергосистеме со значительными экологическими последствиям. Автоматизация контроля физических процессов при работе силового оборудования – решение для повышения систем противоаварийной защиты безопасности в промышленных трансформаторах.

**Ключевые слова:** силовой трансформатор, элегазовое охлаждение, автоматизация контроля.

# AUTOMATED CONTROLOFGASCOOLINGOFOIL-FILLED EQUIPMENT

Ekaterina Andreevna Zotova

**Abstract:** failure of an oil-filled power transformer can lead to an accident in the power system with significant environmental consequences. Automation of control of physical processes during the operation of power equipment is a solution for improving emergency safety protection systems in industrial transformers.

**Keywords:** power transformer, gas cooling, control automation.

Безопасность и надежность электроснабжения потребителей промышленного сектора во многом определяются работой маслонаполненных силовых трансформаторов. Потери, возникающие в трансформаторе при нормальной работе, короткое замыкание приводят к нагреву обмоток. Нагрев влечет за собой тепловой износ обмотки, масла и других частей трансформатора, сокращая обычный срок службы трансформатора, который составляет 20-25 лет. Нагрев масла оказывает влияние на скорость и направление окислительных реакций. Автоматизация устройства охлаждения позволит эффективно контролировать физические процессы работы силового трансформатора.

Системы охлаждения маслонаполненного оборудования несовершенны. Исследователями [1,2] смоделирована автоматизированная система элегазового охлаждения масляного трансформатора. При испытании изоляционных, тепловых и других физических свойств элегаза в элегазовых трансформаторах установлено, что данный газ подходит для охлаждения им трансформатора. Теплосъем с масла в силовом

трансформаторе будет осуществляться за счёт циркуляции барботируемого элегаза через пространство, заполненного маслом, и последующего его охлаждения в радиаторе. Газ будет перекачиваться при помощи компрессора. Для автоматизации системы охлаждения были отобраны параметры, посредством регулировки которых возможно осуществить надлежащую работу трансформатора и долгий срок его службы [1,2.3].

Основные элементы системы автоматического управления - контроллер, датчики входного и выходного давления, датчики температуры. В контроллере сравниваются сигналы с датчиком и подается управляющий сигнал на вход преобразователя частоты, который регулирует расход элегаза.

В качестве датчика температуры используется прибор Метран-200Т-Ех, установленный на корпусе трансформатора в специальном термокармане, предназначенный для работы во взрывоопасных условиях при температуре от минус 50 до 60 °С. В качестве датчиков давления – Метран-100-Ех-ДГ. Данный датчик обеспечит непрерывное преобразование определяемых величин – разности давлений нейтральных и агрессивных сред в токовый выходной сигнал дистанционной передачи, цифровой сигнал на базе HART-протокола, цифровой сигнал на базе интерфейса *RS*-485 с протоколами обмена *ICP* или *Modbus*. Датчик разности давлений «Метран-100-ДД» с пределом допускаемой основной погрешности 0,15, с верхним пределом измерений 40 кПа, предельно-допускаемым рабочим избыточным давлением 25 МПа, с выходным сигналом 4-20 мА и линейной характеристикой предназначен для установки и работы во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок [1,2,3].

Таким образом, повышение систем противоаварийной защиты безопасности в промышленных трансформаторах осуществляется посредством автоматизации подобного рода промышленных установок. Отслеживание параметров даст полное представление о физических процессах, происходящих в рабочих органах исследуемого высокотехнологичного устройства.

Автором планируется провести ряд испытаний с помощью данного автоматизированного комплекса на исследуемом объекте.

## Источники

1. Баширов М.Г., Грибовский Г.Н., Галлямов Р.У., Хисматуллин А.С. Применение автоматического режима контроля электроснабжения промышленной площадки линейно-производственного управления

магистральных газопроводов // Новое в российской электроэнергетике. 2019. № 6. С. 28-35.

2 Хисматуллин А.С., Хисматуллин А.Г., Буланкин Е.И., Камалов А.Р. Математическое моделирование систем электроснабжения, обеспечивающих безотказную работу // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 1-1. С. 51-54.

3 Хисматуллин А.С., Камалов А.Р. Повышение эффективности системы охлаждения мощных силовых трансформаторов // Фундаментальные исследования. 2015. № 6-2. С. 316-319.

УДК/ББК 621.316:681.5.037.2/31.27

# ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ УСТОЙЧИВОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ (VSI)

Иван Алексеевич Липужин
ФГБОУ «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Н. Новгород
lipuzhin@nntu.ru

**Аннотация:** Для оценки устойчивости напряжения в электрических сетях могут применяться коэффициенты устойчивости напряжения (VSI). Приведены основные VSI, вычисляемые на основе системных переменных и их критические значения.

**Ключевые слова:** устойчивость напряжения, коэффициент устойчивости, voltage stability index, просадка напряжения.

# USAGE OF VOLTAGE STABILITY INDICES (VSI)

Ivan Alekseevich Lipuzhin

**Annotation:** Voltage stability indices (VSI) can be used to assess the voltage stability of electrical networks. The main VSI based on system parameters and their critical values are given.

**Key words:** voltage stability, stability index, voltage stability index, voltage collapse.

В зарубежной практике для оценки устойчивости напряжения в электрических сетях применяются коэффициенты устойчивости напряжения (*voltage stability index, VSI*). Разработка и внедрение *VSI* началась зарубежом в 90-х годах и в течении последних 30 лет получено несколько десятков модификаций этих коэффициентов, отличающиеся областью применения и набором необходимых исходных данных. *VSI* позволяют упрощенно, без длительных и сложных вычислений, определить слабые узлы (области сети), перегруженные линии и запасы устойчивости по напряжения, используя параметры режима и сети.

В России [1] в качестве критерия устойчивости используется минимальный коэффициент запаса статической устойчивости по напряжения. Для оценки устойчивости напряжения и определения границы устойчивости (критического напряжения) (последовательно производят утяжеление исходного режима и выполняют расчет перетоков мощности в контролируемых сечениях. Однако эти расчеты, как и расчеты устойчивости на основе матриц Якоби и на основе статических характеристик *P-Q* и *Q-V*, достаточно трудоемки, а их применение для сетей с источниками распределенной генерации затруднительно [2].

Существует классификации *VSI* [3,4], согласно которым все коэффициенты можно разделить на индексы на основе матриц Якоби и на

основе системных переменных. В данной статье рассмотрим вторую группу индексов (Таблица). Внутри этой группы *VSI* делятся на индексы, использующие данные параметры узла и линий.

Таблица

Основные индексы *VSI*

| Тип | Название (обозначение) (авторы, год публикации) | Формула | Критическое значение |
|---|---|---|---|
| Узел | *Voltage Stability Index SI(m2)* (*Chakravorty & Das*, 2001) | $\lvert U_1\rvert^4 - 4\cdot\left(P_2\cdot X - Q_2\cdot R\right)^2 - -4\cdot\left(P_2\cdot R - Q_2\cdot X\right)\cdot\lvert U_1\rvert^2 \geq 0$ | 0 |
| | *Power Stability Index (PSI)* (*Aman* и др., 2012) | $\frac{4\cdot R\cdot\left(P_2 - P_1\right)}{\left[\lvert U_1\rvert\cdot\cos\left(\theta-\Delta\delta\right)\right]^2} \leq 1$ | 1 |
| | *Voltage Stability Index (SI)* (*Sadeghi & Foroud*, 2020) | $U_1^2 - 4\cdot\left(P_2\cdot R + Q_2\cdot X\right) \geq 0$ | 0 |
| Линия | *Line Stability Factor (LQP)* (*Mohamed & Jasmon*, 1995) | $4\cdot\left(\frac{X}{U_1^2}\right)\cdot\left(\frac{X\cdot P_1^2}{U_1^2} + Q_2\right) \leq 1$ | 1 |
| | *Line Stability Index* $L_{mn}$ (*Moghavvemi & Omar*, 1998) | $\frac{4\cdot Q_2\cdot X}{\left\lvert U_1\cdot\sin\left(\theta-\Delta\delta\right)\right\rvert^2} \leq 1$ | 1 |
| | $L_P$ (*Moghavvemi & Faruque*, 2001) | $\frac{4\cdot R\cdot P_2}{\left[U_1\cdot\cos\left(\theta-\Delta\delta\right)\right]^2} \leq 1$ | 1 |
| | *Fast Voltage Stability Index (FVSI)* (*Musirin & Rahman*, 2002) | $\frac{4\cdot Z^2\cdot Q_2}{U_1^2\cdot X} < 1$ | 1 |
| | *New Voltage Stability Index (NVSI)* (*Kanimozhi & Selvi*, 2013) | $\frac{2\cdot X\cdot\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{2\cdot Q_2\cdot X - U_1^2} \leq 1$ | 1 |
| | *Voltage Stability Index* (*VSI*) (*Murty & Kumar*, 2015) | $\frac{4\cdot X}{U_1^2}\cdot\left(\frac{P_2^2}{Q_2} + Q_2\right) \leq 1$ | 1 |

Для пояснения обозначений, используемых в табл, рассмотрим схему замещения линии электропередачи (Рис.). Если рассчитанное значение коэффициента равно критическому - устойчивость напряжения нарушена, в узле наблюдается просадка напряжения ниже допустимого значения.

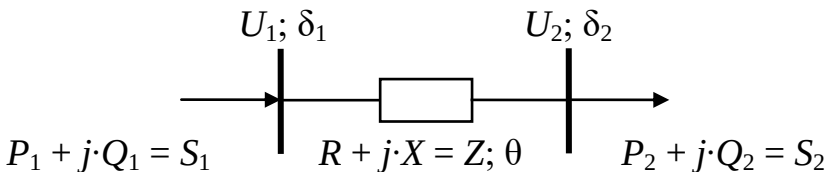



Схема замещения участка сети: $U_1$, $U_2$ и $\delta_1$, $\delta_2$ – модули и фазовые углы напряжений на передающем и принимающем конце линии; $R$, $X$ и $Z$ – активное, реактивное и полное сопротивление линии; $\theta$ – угол сопротивления линии; $P_1$, $Q_1$ и $P_2$, $Q_2$ – активная и реактивная мощность на передающем и принимающем концах линии соответственно

Современные модификации *VSI* основываются на данных синхронизированных векторных измерений (*PMU*), и могут использоваться для онлайн оценки устойчивости системы. *VSI* широко применяются в качестве оптимизационного критерия для решения целого комплекса задач: поиск слабых мест системы; снижение потерь электроэнергии в сети; выбор оптимального места размещения источников распределенной генерации или устройств *FACTS*.

## Источники

1. Приказ Минэнерго России от 03.08.2018 N 630 "Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Методические указания по устойчивости энергосистем": приказ Минэнерго России № 630 от 03 авг. 2018 г.; зарег. в Минюсте России № 52023 от 29 авг. 2018 г.

2. Sadeghi S.E., Foroud A.A. A new approach for static voltage stability assessment in distribution networks // International Transactions on Electrical Energy Systems. 2020. V. 30. N. 3. e12203.

3. Perez-Londono S.M., Olivar-Tost G., Mora-Florez J.J. Voltage stability indices - A review and a new classification // Engineering and Competitiveness. 2014. Vol. 16. No. 2. P. 115-130.

4. Zaheb H., Danish M.S.S., Senjyu T., Ahmadi M., Nazari A.M., Wali M., Khosravy M., Mandal P. A Contemporary novel classification of voltage stability indices // Applied Sciences. 2020. V. 10. No. 5. 1639.

УДК 621.311

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА РАБОТУ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Лилия Амировна Рябишина
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ryabli@yandex.ru

**Аннотация:** в статье представлена оценка срока службы трансформаторов при несинусоидальности и несимметрии напряжений. Доказано уменьшение срока эксплуатации при данных условиях несоответствия нормам электрической энергии.

**Ключевые слова:** трансформатор, срок службы, изоляция, несимметрия напряжения, высшие гармоники.

# DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE ON THE OPERATION OF POWER EQUIPMENT

Lilia Amirovna Ryabishina

**Abstract:** the article presents an assessment of the service life of transformers with non-sinusoidality and voltage asymmetry. The reduction of the service life under these conditions of non-compliance with the norms of electric energy is proved.

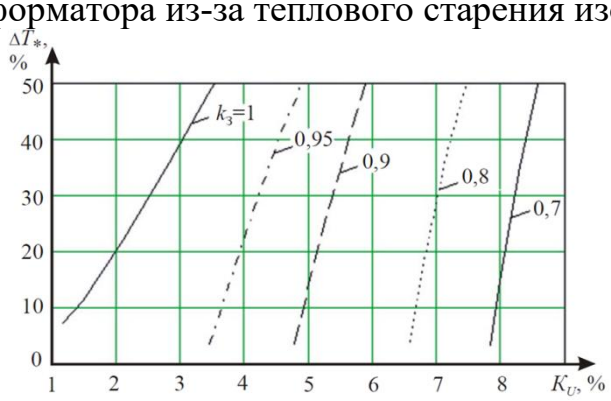
**Keywords:** the transformer, service life, insulation, voltage unbalance.

При снижении качества электроснабжения промышленных объектовсокращение срока службы трансформаторов происходит в результате дополнительного нагрева изоляции обмоток, вызываемого дополнительными потерями активной мощности. При оценке срока службы силовых трансформаторов при условиях несинусоидальности и несимметрии напряжений определяются дополнительные потери активной мощности, соответствующие увеличению температуры обмотки и расчете срока службы изоляции по эмпирическим выражениям. При несимметрии напряжений дополнительные потери активной мощности представляют в виде суммы дополнительных потерь холостого хода (ХХ) и КЗ. При несинусоидальности напряжения учитывают еще и добавочные потери, возникающие из-за вихревых токов. Величина этих потерь обычно незначительна и составляет около 5 % номинальных потерь КЗ трансформатора, но при протекании в трансформаторе токов высших гармоник добавочные потери резко возрастают и могут достичь 30 – 50 %.

Для расчета дополнительного нагрева трансформатора чаще всего применяют метод определения температуры наиболее нагретой точки обмотки [1], которую выражают в виде суммы превышения температуры обмотки над температурой масла в верхних слоях, превышения

температуры масла в верхних слоях над температурой охлаждающей среды и температуры охлаждающей среды. При оценке совместного воздействия несинусоидальности и несимметрии напряжений на дополнительный нагрев трансформатора принимают допущение фиксированной величины [1,2,3].

На рисунке представлены зависимости относительного сокращения срока службы изоляции трансформатора типа ТМГ11-250/6/0,4 от коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U$, построенные при различных значениях коэффициента загрузки kз. Зависимости получены для случая, когда в состав нагрузки входят 6-пульсные преобразователи. При коэффициенте загрузки kз ≥ 0,7 наличие несимметрии напряжений и высокое содержание высших гармоник в кривой напряжения сети может привести к значительному сокращению срока службы трансформатора из-за теплового старения изоляции.




Влияние несинусоидальности напряжения на сокращение срока службы трансформатора типа ТМГ11-250/6/0,4

Далее представлены результаты расчетаR(t) изоляции трансформатора ТМГ11-250/6/0,4.

Таблица – Результаты расчета R(t) изоляции трансформатора ТМГ11-250/6/0,4 в сети с параметрами несинусоидальности $m(K_U)$ = 6,2 % и $\sigma(K_U)$ = 0,05 $m(K_U)$ при различных параметрах несимметричного режима.

Таблица

| с $mK_l$ % | 2 | 2,5 | 2,75 | 3 | 3,25 | 3,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| с $qK_u$ % | 0,2 | 0,25 | 0,275 | 0,3 | 0,325 | 0,375 |
| R(t) | 0,938 | 0,384 | 0,724 | 0,559 | 0,397 | 0,145 |

При выполнении расчетов предполагалось отсутствие взаимного влияния несимметрии и несинусоидальности. Одновременное воздействие несимметрии и высших гармоник приводит к заметному уменьшению R(t) в сравнении со случаем, когда имеется только один вид электромагнитных помех. Так, при отсутствии $m(K_U)$ = 2 % оказывается $R(t)$≈1. Аналогичные зависимости справедливы для других электроустановок – генераторов, асинхронных двигателей и др. При постоянном воздействии несимметрии и несинусоидальности срок службы трансформатора снижается на 25–30 %. При средних значениях этих параметров срок службы сокращается на 8–10 %.

## Источники

1. Строганов, Ю. Снижение шума и вибрации трансформаторов и реакторов в эксплуатации // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2018. № 10. С. 9-20.

2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий.М.: Энергоатомиздат, 2014. 358 с.

3. Харлов, Н.Н. Испытание, диагностика и разработка мероприятий по нормализации параметров электросети Бованенковского НГКМ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. С. 23.

УДК 543.4:691

# ЦВЕТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Камиля Анваровна Суфиянова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
kasufiyanova@yandex.ru

**Аннотация:** В промышленности необходимость использования продуктов переработки нефти очень велика.

Все трансформаторные масла, поступающие на энергопредприятия, должны эксплуатироваться в соответствии с нормативно-техническими документами. Трансформаторное масло выполняет в трансформаторе три основные функции: изолирует находящиеся под напряжением узлы активной части; охлаждает нагревающиеся при работе узлы активной части;предохраняет твердую изоляцию обмоток от увлажнения.

**Ключевые слова**: трансформаторное масло, нефть, цвет, колориметр.

# COLOR MEASUREMENT IN INDUSTRY

Kamilya Anvarovna Sufiyanova

**Abstract:** in industry, the need to use oil refining products is very high. All transformer oils supplied to power plants must be operated in accordance with regulatory and technical documents. Transformer oil performs three main functions in the transformer: isolates the energized active part nodes; cools the active part nodes that are heated during operation;and protects the solid insulation of the windings from moisture.

**Keywords**: transformeroil, oil, color, colorimeter.

Нефть – это жидкий маслянистый горючий минерал, по внешнему виду представляет собой темную жидкость, флуоресцирующую на свету.

Трансформаторное масло получают из нефти. Что же такое масло? Масло — это химические веществе или смеси, не растворяющиеся в воде.

Существуют три основные группы масел:

1. Масла, называемые жирами;

2. Минеральные масла, получаемые от продуктов переработки нефти;

3. Эфирные масла.

А также существуют синтетические и полусинтетические масла

Цвет нефти и нефтепродуктов.

По цвету нефти отличаются большим разнообразием. Нефть с малым удельным весом  светлее и прозрачнее, чем нефть с большим удельным весом, отличающаяся всегда густой и темной окраской. Легкие нефти

имеют желтую окраску, нефти средней плотности - янтарного цвета и тяжелые - темно-коричневые и черные.

Цветовые измерения в промышленности.

Цвет масла в процессе эксплуатации изменяется, что также характеризует его качество. Оно обычно светло-желтое, при эксплуатации под влиянием нагрева, загрязнении, образующихся смол и осадков - темнеет. Темный цвет свежего масла свидетельствует о неудовлетворительной очистке. Быстрое и сильное потемнение масла указывает на его перегрев или образование угля.

Цвет определяют после пропускания пробы через фильтр. Цвет масла служит для ориентировочной оценки его качества.

Существуют ситуации, в которых необходимо проведение измерения цвета или, когда цвет является косвенным показателем качества продукта или процесса обработки.

Определение цветности применяется:

– для контроля идентичности продукта одной или разных партий

– для контроля за технологическим процессом

– для контроля поставки сырья одного и того же качества

– как показатель степени чистоты продукта

– как экспресс-анализ на содержание веществ или примесей

Очень часто имеется взаимосвязь между цветом и химическим составом веществ в масле. Цвет, это свойство каждого объекта, видимого человеческим глазом. Измерения цвета основаны на трех законах Грассмана сложения цветов, визуально воспринимаемых глазом:

1) Закон непрерывности. При любом непрерывном изменении излучения цвет его меняется непрерывно. Например, можно поворачивать призму, разлагающую солнечный свет в спектр и наблюдать непрерывное (без скачков) изменение цвета излучения.

2) Закон аддитивности. Цвет суммы двух излучений зависит только от цветов складываемых излучений, но не от их спектрального состава.

3) Закон трёхмерности. Всякие четыре цвета линейно связаны, но существуют, но существуют тройки линейно независимых цветов.

Изучение цвета дает нам большие возможности для применения его в промышленности и эти цветовые измерения применяются в экспресс-анализах.

Методы и приборы для проведения цветовых измерений.

Методы анализа, основанные на сравнении интенсивности окрасок называются колориметрией. Различают визуальную и фотоэлектрическую колориметрию. Для проведения цветовых измерений разработаны

приборы: колориметры, компараторы, спектрофотометры. Джозеф Ловибонд, разработал шкалу цветности Ловибонда. Приборы *Lovibond* работают в автоматическом режиме, их можно подключить к принтеру и они имеют диагностические тесты для контроля состояния в процессе эксплуатации. Шкала цветности *Lovibond* обеспечивает простую и понятную оценку цветности и это единственная международно признанная трехмерная шкала, применяемая как в визуальном анализе, так и в электронных приборах. Спектрофотометр или трехцветный колориметр с тремя цветными фильтрами периодически подтверждают эксплуатационные характеристики прибора измерением цвета образцов по *ASTM D* 1500 и/или *ASTM D* 156.

Измерение цветности, используемое в следующих областях:

Лабораторный контроль качества

– Быстрая проверка уровня концентрации и загрязнения

– Определение соответствия продукта определенным целям использования

– Контроль состояния используемого продукта

Нефтепереработка

– Контроль состояния процесса переработки

– Обеспечение обратной связи для контроля и оптимизации производства

Таким образом в электроэнергетике для постоянного контроля качества, проверка на цветность, может ускорить процесс выявления изменения состояния и качества изоляционных масел.

## Источники

1. РД 153-34.0-46.302-00 Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудовании по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. РАО"ЕЭС России". Москва. 2001.

2. Козлов В.К.,. Валиуллина Д.М, Гарифуллин М.Ш. Координаты цвета и цветности изоляционных масел и их связь с кислотным числом масел // Известия Вузов. Проблемы энергетики.

3. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш. Методы оптической спектроскопии в диагностике состояния изоляции маслонаполненного электрооборудования.

УДК 620-91

# КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»

Динар Радикович Фарваев
ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
dfarway92@gmail.com

**Аннотация**: Эта статья посвящена диагностике вращающихся машин. Она описывает их основные характеристики и виды отказов с точки зрения статистики и опыт.

**Ключевые слова:** метод, диагностика вибрации, электродвигатели.

# MONITORING AND DIAGNOSTICS OF THE HIGH-VOLTAGE ENGINE CONDITION AT «GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT»

Dinar Radikovich Farview

**Annotation:** This article is devoted to diagnostics of rotating machines. It describes their main characteristics and types of failures in terms of statistics and experience.

**Keywords:** method, vibration diagnostics, electric motors.

Методы анализа на основе измерения вибрации подчеркиваются из-за того факта, что анализ вибрации - лучший способ для определения состояние любых ротационных машин. Кроме того, вибрация может в некоторых случаях успешно использоваться для оценки электромагнитных неисправностей. В статье представлены актуальные примеры недостатков механических и электрических двигателей с использованием различных методов диагностики.

В подавляющем большинстве промышленных приложений используется асинхронные двигатели для приводных машин. Асинхронные двигатели обладают разной конструкция ротора. Принцип действия из-за вращающегося магнитное поля статора, вызывающее напряжение в роторе, возникающий ток увеличивает мощность, заставляя ротор начать вращаться. Резисторы, подключенные к цепи внешнего ротора с якорем контактного кольца, используются при пуске. Эти резисторы уменьшают пусковой ток и увеличивают проскальзывание.

Электродвигатели чувствительные и сложные машины, на работу которых можно повлиять разными способами [1].

Неисправность машины может быть объяснена множеством причин: плохой техническое обслуживание, внешние воздействия, неправильная

установка и низкое качество продукции. Причина отказа двигателя может быть механической или электрической. Механические отказы составляют около 65-75% случаев и электрика около 25-35%. Возможные источники механического и электрические сбои перечислены ниже: механические - низкое качество продукции (конструкция подшипников, их сборка, недостаточное охлаждение, изготовление ошибки); установка станка (манипуляции, выравнивание, качество его основания); эксплуатация (нагрузка на машину, окружающая среда, обслуживание, износ); электрооборудование - низкое качество изготовления (качество обмотки, пропитка, утеплитель); установка станка (подключение к электросети, экранирование кабеля, регулировка); эксплуатация (электросеть, инвертор, производственные дефекты).

Метод, который позволяет выявить общее техническое состояние машин – это диагностика вибрации. Вращательное действие машины возбуждает энергия и силы, влияющие на движение машины(наборы) - вибрация, характер которой присутствует во всех составляющих станка.

Долгосрочные исследования вибрации с использованием множества задокументированных методов позволяют нам определить, что за компонент и тип неисправности: повреждение подшипников, шестерен, центровка машины, дисбаланс, люфт, зазор движущихся частей, заедание, дефекты изготовления и т. д [2].

Электрическая диагностика включает в себя измерение электрических параметров машины выявляя проблемы, возникающие в первую очередь из-за производства, монтажа и пуско-наладка машин. Например: сетевое питание, качество, неравномерное распределение токов и напряжений между фазами, повреждение стержней ротора, холодные стыки, и т.д. Что касается изменения рабочих параметров, это в основном качество и срок службы изоляции обмотки.

В статье представлены практические примеры использования различных методы диагностики в процессе решения различных электрических проблемы с мотором. Было показано, что процесс поиска основная причина проблем с электродвигателем не всегда прямая вперед и в основном требует многопараметрической диагностики подход[3].

## Источники

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения /. М.: Форум, 2015. 352 с.

3. Энергосбережение в системах промышленного электроснабжения. М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2016. 304 с.

УДК 004.942, 621.313.333.2

# ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ТОКОВ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Игорь Геннадьевич Цвенгер[1], Аурелия Владимировна Толмачева[2],
Георгий Алексеевич Толмачев[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[1]it-online@yandex.ru, [2]george199dfd@mail.ru, [3]gorgik1996@yandex.ru

**Аннотация:** В данной статье рассмотрена токовая диагностика асинхронных двигателей как способ выявления их неисправностей. Приведена структурная схемадвигателя, реализованная в программной среде Matlab. Сопоставлены результаты частотного анализа, проведенного в ходе натурного эксперимента с частотным анализом, проведенным в ходе компьютерного моделирования.

**Ключевые слова:** Быстрое преобразование Фурье, компьютерное моделирование, частотный анализ.

# FREQUENCY ANALYSIS OF THREE-PHASE INDUCTION MACHINE'SCURRENT

Igor Genadievich Tsvenger, Aureliya Vladimirovna Tolmacheva,
George Alekseevich Tolmachev

**Annotation:** The current diagnostic of induction machines as a detecting way of their defects is considered in this article. The induction machine structure scheme designed in Matlab is shown. The experiment's frequency analysis results are compared with the frequency analysis results during computer simulation.

**Keywords:** Fast Fourier transformation, Computer simulation, frequency analysis.

На долю трехфазных асинхронных двигателей (АД) с короткозамкнутым (КЗ) ротором приходится около 75% потребляемой мощности от общего потребления в промышленности [1].В этой связи актуальным остаются вопросы их поддержания в рабочем состоянии и своевременного обнаружения возможных неисправностей. В настоящий момент самым распространенным способом выявления неисправностей остается плановое техническое обслуживание. Основным недостатком данного способа является необходимость останова технологического процесса, что неизбежно влечет за собой финансовые потери. С экономической точки зрения наиболее перспективный метод обнаружения неисправностей – метод диагностики токов статора, так как любое отклонение от нормальной работы АД скажется на его спектральном составе.

В программной среде *Matlab* была создана математическая модель АД с КЗ ротором в фазных координатных осях (рис. 1) [2]. Существующий

блок в *Simulink* решено не использовать, так как в основе его реализации лежит система дифференциальных уравнений в *d,q* координатах, что осложняет генерацию неисправностей отдельно в каждой фазе АД.

В качестве объекта исследования использовался АД типа АИРМ80А6У3. Значения параметров АД, полученных в ходе моделирования, имеют высокую сходимость с паспортными данными исследуемого двигателя.

Для проверки адекватности имитационной модели на кафедре «ЭЭ» КНИТУ был проведен натурный эксперимент. Была собрана электрическая установка (рис. 2), состоящая из измерительного модуля *L-CARD* E14-440 и непосредственно исследуемого объекта – АД АИРМ80А6У3. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

Данная схема подготовлена в программном пакете *Matlab*

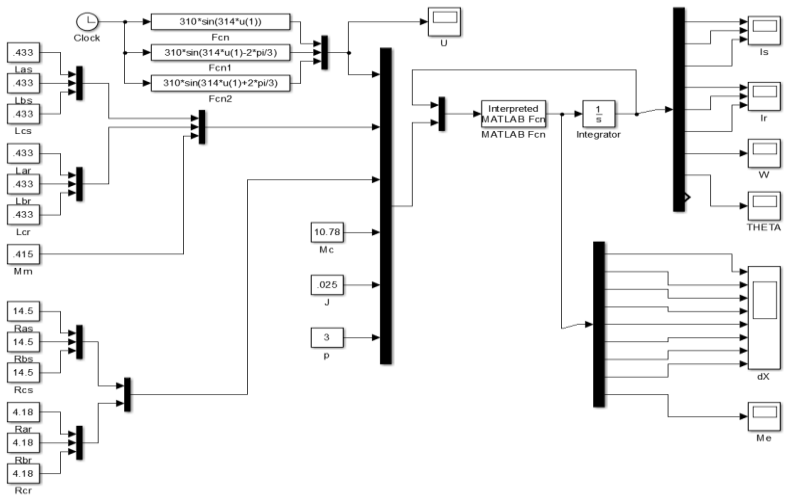



Рис. 1. Структурная схема математической модели АД в *Matlab/Simulink*

В математическую модель *Matlab* внесли полученные в результате натурного эксперимента данные питающей сети. Также реализовали систему частотного анализа, основанную на алгоритмах быстрого преобразования Фурье [3]. Результаты частотного анализа представлены на рис. 4.

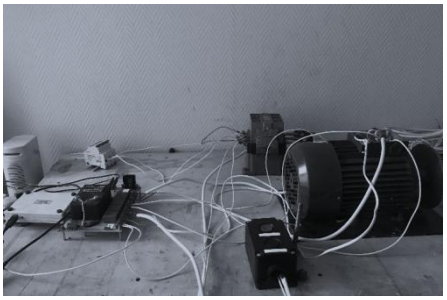


Рис. 2. Электрическая установка

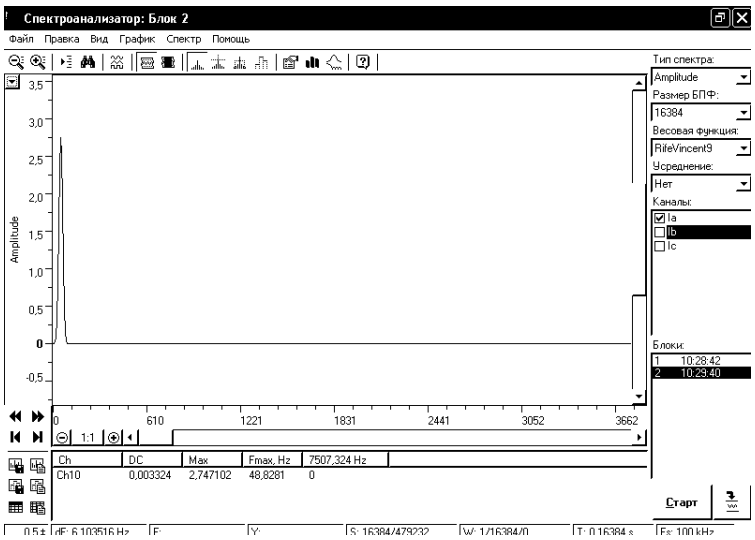



Рис. 3. Спектральный состав тока статора фазы А

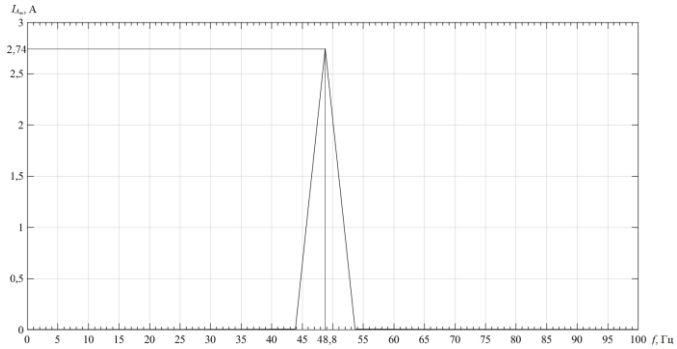



Рис. 4. Спектральный состав тока статора фазы А

Сопоставление результатов модельного и натурного экспериментов показало высокую сходимость. С точки зрения спектрального анализа графики, полученные в результате эксперимента, полностью совпадают с графиками, полученными путем моделирования. Следовательно, спроектированная имитационная модель позволяет оценивать процессы, происходящие в АД.

## Источники

1. Максютов Р.Р. Автореферат магистерской дисс., филиал ФГБОУ ВПО УГНТУ, Салават, 2015. 22 с.

2. МакаровВ.Г. Моделирование и исследование электроприводов. КГТУ, Казань, 2005. 254 с.

3.Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. Бином-пресс, Москва, 2006. 656 с.

УДК 621.311

# ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА ДАТЧИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Егор Алексеевич Юдин[1], Виктор Константинович Козлов[2]
[1]Филиал АО «Сетевая Компания» Набережночелнинские ЭС,
[2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1,2]rzanch@yandex.ru

**Аннотация:** В тезисе предложен вариант снижения количества используемых датчиков для систем непрерывного мониторинга, на примере систем контроля состояния силового трансформатора.

**Ключевые слова:** Базы данных, датчики, мониторинг состояния оборудования.

# OPTIMIZING THE NUMBER OF SENSORS FOR MONITORING SYSTEMS

Egor Alekseevich Yudin, Viktor Konstantinovich Kozlov

**Abstract:** the thesis suggests a way to reduce the number of sensors used for continuous monitoring systems, using the example of power transformer condition monitoring systems.

**Keyword:** Databases, sensors, equipment status monitoring.

Современные системы контроля состояния оборудования имеют большие возможности для экспертной оценки технического состояния и планирования обслуживания по состоянию. Но для обеспечения работы вложенных в них математических моделей требуется большое количество входных данных: напряжение, ток, частота, коэффициент мощности и другие. Получение этих данных обычно предусматривается через собственные датчики, что безусловно удорожает систему и загружает кабельное хозяйство.

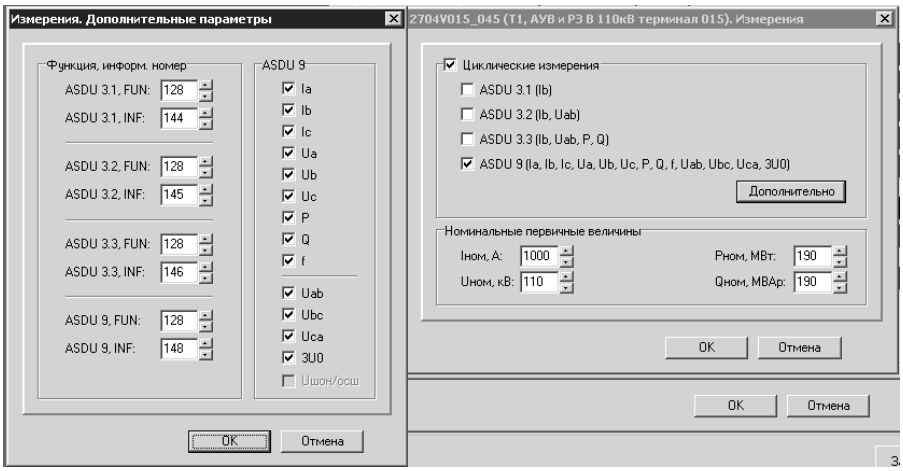
Современные же устройства релейной защиты имеют в собственном составе довольно точные АЦП и сразу же вычисляют необходимые косвенные параметры.

Для уменьшения количества датчиков, используемых в системах мониторинга, предлагается использовать данные, получаемые из устройств релейной защиты и телемеханики. Оптимизацию логично начинать с выделения типов контроля, в зависимости от назначения мониторинга:

- непрерывный: контроль частичных разрядов[1];
- периодический: анализ масла, влагосодержания;

- косвенный: дополнение вышестоящих пунктов значениями токов, напряжений и другие [2].

Получение данных токов, напряжений и других напрямую из устройств релейной защиты зачастую невозможно, так как на станции работает *SCADA* система. Для обеспечения периодического опроса предлагается использовать шлюз *IEC*-60870-5-103[3]. Данная программа периодически будет опрашивать все устройства РЗА и ТМ и отправлять данные в экспертные системы, пробная конфигурация для автоматики силового трансформатора Т-1 ПС 110 кВ Сидоровка представлена на рис. 1:




Настройка передаваемых данных по протоколу IEC-60870-5-103

При отсутствии возможности организации шлюза с протоколом IEC-103 реализуется подсистема запросов в локальную базу данных посредством стандартных *SQL* запросов с заданной периодичностью и выборкой.

Полученная таким образом косвенная информация для систем мониторинга будет удовлетворять точности и периодичности обновления. А система в целом может быть удешевлена и разгружена от «дублирующихся» датчиков.

## Источники

1. Хальясмаа А. И. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 64 с.

2. Бунзя А.А. Разработка элементов системы диагностики высоковольтной изоляции устройств электроснабжения тяговых подстанций : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.07 / Бунзя [Место защиты: Ур. гос. ун-т путей сообщ.]. Екатеринбург, 2011. 157 с.

3. Устройства и системы телемеханики. Ч. 5. Протоколы передачи. Раздел 103. Обобщающий стандарт по информационному интерфейсу для аппаратуры релейной защиты *:Telecontrol equipment and systems. Pt. 5. Transmission protocols. Section 103. Companion standard for the informative interface of protection equipment :* национальный стандарт Российской Федерации ГОСТРМЭК 60870-5-103 - 2005 : введен впервые : введен 2006-09-01.

УДК 378.1

# СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИАЛЬНО- ПОЛИТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Альфия Габдулловна Арзамасова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
asaraf@mail.ru

**Аннотация:** В современных условиях трансформации Российского общества, для успешного развития молодых кадров необходимо не просто обучение и получение академического знания, но и умение развивать личностные качества и навыки и учится применять их на практике. Говоря про личностные качества молодого человека, мы не будем рассуждать про его биологические и психоэмоциональные особенности. Мы имеем ввиду возможность развития внутреннего потенциала, необходимого для успешного продвижения в жизни.

**Ключевые слова:** инженер, образование, обучающиеся, научная деятельность.

# MODERN SOCIO-POLITICAL FEATURES OF TRAINING YOUNG ENGINEER IN A TECHNICAL UNIVERSITY

Alfiya Gabdullovna Arzamasova

**Abstract:** In the modern conditions of the transformation of Russian society, for the successful development of young personnel, it is necessary not only to study and acquire academic knowledge, but also to develop personal qualities and skills and learn to apply them in practice. Speaking about the personal qualities of a young man, we will not talk about his biological and psycho-emotional characteristics. We mean the possibility of developing the inner potential necessary for successful advancement in life.

**Key words:** engineer, education, students, scientific activity.

В современных условиях трансформации Российского общества, для успешного развития молодых кадров необходимо не просто обучение и получение академического знания, но и умение развивать личностные качества и навыки и учится применять их на практике. Говоря про личностные качества молодого человека, мы не будем рассуждать про его биологические и психоэмоциональные особенности. Мы имеем ввидувозможность развития внутреннего потенциала, необходимого для успешного продвижения в жизни.

На саммите, прошедшем в Лондоне в 2013 году, посвященном «Великим глобальных вызовам», прозвучали идеи и выводы о «необходимости расширять кругозор студентов инженерных вузов,

учитывая их многообразные перспективы трудоустройства и роль инженерного труда в обществе» и « необходимости пропагандировать и развивать в обществе техническую грамотность» [2]. Следовательно, необходимо создавать новые модели обучения, которые позволяли бы студентам шире вникать и воспринимать получаемые навыки и реализовывать их в практической деятельности уже на этапе обучения.

Качество подготовки инженера зависит от множества условий. Это и общая подготовка абитуриента, поступающего на инженерные специальности, и уровень подготовки педагогов-специалистов, обеспечивающих содержание образовательного процесса, и материально-техническая база, используемая в обучении будущего инженера, и, конечно же, важна среда, в которую должны быть погружены будущие специалисты. Ибо образование сегодняшнего дня – это не просто процесс получения и освоения теоретических и практических знаний. В процессе обучения важно концептуальное понимание предметной области, которое проявляется в способности применять знание в разных рабочих ситуациях и условиях [1]. Для обеспечения этих условий необходимо вовлечение обучающихся:

– в научно-исследовательскую деятельность – для наличия твердого понимания того, что технологические открытия и новшества, вне зависимости от их масштаба невозможно отделить от социальной ответственности;

– в инновационно-технологическую деятельность – для возможности самостоятельно претворять в жизнь технологические разработки;

– обучение предпринимательской деятельности – для понимания конъюкутры и потребностей рынка.

В Казанском государственном энергетическом университете созданы практически все условия для разностороннего развития студентов в период их обучения.

С первых шагов абитуриентам и студентам предлагается включиться в деятельность:

– Объединенного совета обучающегося;
– Союза студентов;
– Союза иностранных студентов;
– Студенческой службы безопасности;
– Студенческих спортивных клубов;
– Студенческого медиацентра;
– Студенческого совета общежитий;
– Штаба студенческого отряда;

– Студенческого волонтерского центра;

– Клуба спортивных болельщиков;

– Студенческого научного общества.

В университете проводится активная работа по привлечению обучающихся к научно-исследовательской деятельности. Организуются научные школы, мастер-классы, собрания и отдельные мероприятия по обучению правилам и методам написания научных работ и публикаций (к примеру – Научный Ликбез – проводимый на первых этапах силами студенческой молодежи, а сегодня это один из Российских проектов), участию в конкурсах на лучшую научно-исследовательскую работу.

Руководство ВУЗа активно принимают участие в работе со студентами и повышению уровня научной грамотности обучающихся через проведение мастер-классов, собраний, семинаров с приглашением специалистов с производства (представители Сетевой компании, Татэнерго). Так, по итогам 2019 года увеличились в 2 раза цифры по участию обучающихся  студентов КГЭУ на мероприятиях по науке, а именно публикации материалов как в зарубежных изданиях, так и в материалах, публикуемых без соавторов-работников ВУЗа. Данное увеличение произошло по итогам проведения цикла мероприятий для студентов, направленного на обучение правилам работы написания и оформления научного материала и целевой работы с научными руководителями обучающихся. В науку обучающиеся привлекаются с 1-го года обучения через участие в различных научных мероприятиях регионального и всероссийского (с международным участием) уровней. Это несомненно повлияло на увеличение количества наград. Постепенно увеличиваются заявки на участие в конкурсах на лучшую НИР.

Для обучающихся, со стороны руководства Энергоуниверситета проводятся меры по поддержке инициатив. Так, например, С 2012 года действует Молодежный инновационный центр «Энергия», который является своеобразным центром для реализации обучающимися своих научных проектов и разработок в области энергетики и ЖКХ. МИЦ «Энергия» объединяет усилия технических специалистов, преподавателей и студентов, занимающихся научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, развивая работу по созданию междисциплинарных проектных исследовательских групп.

На базе МИЦ «Энергия» был создан Молодежный бизнес инкубатор (МБИ) КГЭУ, который на сегодняшний день перерос в отдельную структуру - Основными задачами которого являются: создание условий для коммерциализации научных разработок обучающихся, привлечение

обучающихся к процессу создания, разработки и реализации наукоемкой продукции или технологий. МБИ организует различные конкурсы по реализации научно-технических проектов, предоставляет консультационные и информационные услуги по вопросам законодательства РФ, РТ и международного права, предпринимательства, инновационной деятельности

Члены СНО активно участвуют в конкурсах на соискание грантов в различных программах российского, республиканского и муниципального уровня: 50 инновационных идей, Алгарыш, заявка проекта на грант в рамках Молодежного форума Приволжского федерального округа «*i*Волга-2019», заявка проекта на грант в рамках Федеральной программы «У.М.Н.И.К.-2019», и т.д. По итогам 2019 года участники стали победителями и получили значительные суммы грантовпод реализацию проектов. Это говорит о таланте наших обучающихся и о поддержке ВУЗа. Так как за каждым таким талантом стоит научный руководитель или группа сотрудников, которые помогают в оформлении документации и реализации проекта.

Если говорить о стимулировании обучающихся, то оно проходит через привлечение на конкурсной основе к конкурсам на получение стипендий как со стороны ВУЗа – Стипендия Ректора КГЭУ и Грант ректора КГЭУ – так и Министерства образования, Президента, Правительства, стипендии АН и иных внешних стипендий (Со стороны профильных организаций, научных обществ и т.д.). Администрация ВУЗа находится в постоянном поиске новых возможностей для материальной поддержки талантов университета и привлечении новых лиц к работе в научной жизни университета.

**Источники**

1. Сурикова Е.В. CDIO – современный подход к инженерному образованию. // Электронное обучение в непрерывном образовании, 2014. № 1-1. С.156-162.

2. Приходько В.М., Соловьева А.Н. Каким быть современному инженерному образованию? (Размышления участников форума) // Высшее образование в России. 2015. №3. С. 45-56.

УДК 675.1

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЛОВ

Алмаз Рустамович Батыров[1], Эдуард Адгамович Ахметов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]almaz.batyrov.1996@mail.ru

**Аннотация:** В работе рассматривается коэффициент эффективности котлоагрегата, полная эффективность котлоагрегата и КПД.
**Ключевые слова:** котел, КПД, эффективность, мощность котлов, котлоагрегат.

# IMPROVE THE EFFICIENCY OF BOILERS

Almaz Rustamovich Batyrov, Eduard Adgamovich Akhmetov

**Annotation:** The paper considers the efficiency coefficient of the boiler unit, the total efficiency of the boiler unit and the efficiency.
**Keywords:** boiler, efficiency, efficiency, powerofboilers, boilers.

Коэффициент эффективности котлоагрегата определяется как отношение полезного тепла, которое направлено на производство пара (или горячей воды) наимеющегося тепла (тепло, подаваемое в котельное устройство). На практике для потребителей направляется не вся полезная энергия, выделяемая котлом. Часть тепла расходуется на собственные нужды. В зависимости от эффективности этого устройства отличаются выраженной теплотой (валовой эффективностью) и эффективностью блока за счет тепла, выделяемого пользователем (чистая эффективность).

Разница между сгенерированными и выпущенными теплоотводами представляет собой потребление котельной. Для вспомогательных устройств он потребляет не только тепло, но и электрическую энергию (например, вентилятор вытяжного вентилятора, питающие насосы, топливные и пылеулавливающие механизмы и т.д.). И поэтому использование вспомогательных устройств включает в себя все виды потребления энергии, затрачиваемые на производство пара или горячей воды.

Валовая эффективность котлоагрегата характеризует степень его технического совершенства и чистую эффективность - коммерческую экономику.

Полная эффективность η котлоагрегатам,%, можно определить непосредственно из уравнения баланса

$$\eta_{вр} = 100\frac{Q_{пол}}{Q_p^p} \quad (1)$$

где $Q_{пол}$ — полезно используемая теплота, затраченная на выработку пара (или горячей воды); $Q_p^p$ — располагаемая котельным агрегатом теплота;

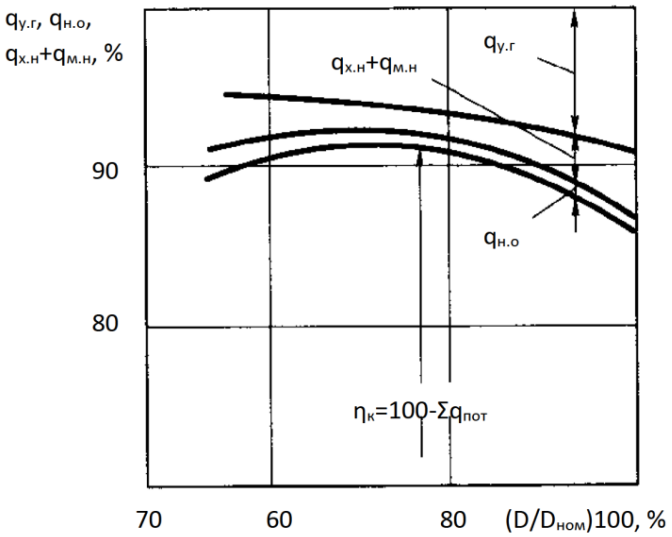
КПД нетто по уравнению обратного баланса определяется как разность

$$\eta_н = \eta_{вр} - q_{сн} \quad (2)$$

$q_{сн}$ — относительный расход энергии на собственные нужды, %.

Эффективность прямого уравнения баланса в основном используется при подготовке отчетов за один период (десятилетие, месяц) и эффективности обратного уравнения баланса — при тестировании котлов. Определение баланса обратной эффективности намного точнее, поскольку ошибка измерения потерь тепла меньше, чем определение расхода топлива, особенно при сжигании твердого топлива[1,2].

Таким образом, для повышения эффективности котлов недостаточно для снижения тепловых потерь.Также необходимо во всех отношениях сократить расходы на тепло и электроэнергию для собственных нужд. Поэтому сравнение эффективности различных котлов, в конечном счете, должно быть в их чистой эффективности.




Общая эффективность котлоагрегата

Общая эффективность котлоагрегата зависит от его нагрузки (рис. 1). Как видно из рисунка, эффективность котлоагрегата с определенной нагрузкой имеет максимальное значение, т. е. работа котла на этой нагрузке является наиболее экономичной.

## Источники

1. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. Учебник для начального профессионального образовани / М.: Академия (Academia), 2010. 264 с.

2. Соколов Б.А. Котельные установки, работающие на твердом топливе. Учебное пособие / М.: Академия (Academia), 2012. 753 с.

УДК681.518.54:621.644

# ИСПЫТАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Сергей Олегович Гапоненко[1], Айрат Рифкатович Загретдинов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sogaponenko@yandex.ru, [2]azagretdinov@yandex.ru

**Аннотация:** В статье представлены результаты испытаний информационно-измерительного комплекса и методики контроля технического состояния трубопроводных систем. Разработанная методика обеспечивает высокую достоверность и оперативность контроля технического состояния трубопроводных систем различных диаметров, длин и материалов.

**Ключевые слова:** виброакустический контроль, трубопроводная система, информационно-измерительный комплекс, испытания, методика контроля.

# TESTING OF THE INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM AND METHODS FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF PIPELINE SYSTEMS

Sergey Olegovich Gaponenko, Ayrat Rifkatovich Zagretdinov

**Annotation:** The article presents the results of testing the information and measurement system and methods for monitoring the technical condition of pipeline systems. The developed method provides high reliability and efficiency of monitoring the technical condition of pipeline systems of various diameters, lengths and materials.

**Keywords:** vibroacoustic control, pipeline system, information and measurement system, testing, control method.

Испытания проводились по поверхности грунта вдоль оси трубопровода с интервалом 0,1 м. На каждой контрольной точке произведено по пять измерений для получения усредненного значения амплитуды. Производилось сканирование исследуемого объекта частотами в диапазоне от 100 до 1400 Гц, и определялась резонансная частота по максимуму ее амплитуды. Колебания, воспринимаемые пьезоэлектрическим датчиком, регистрировались информационно-измерительным комплексом [1].

Перед проведением эксперимента для обеспечения достоверности результатов производилась калибровка опорного сигнала по амплитуде.

Фотография экспериментальной установки представлена рис. 1 [1-7].

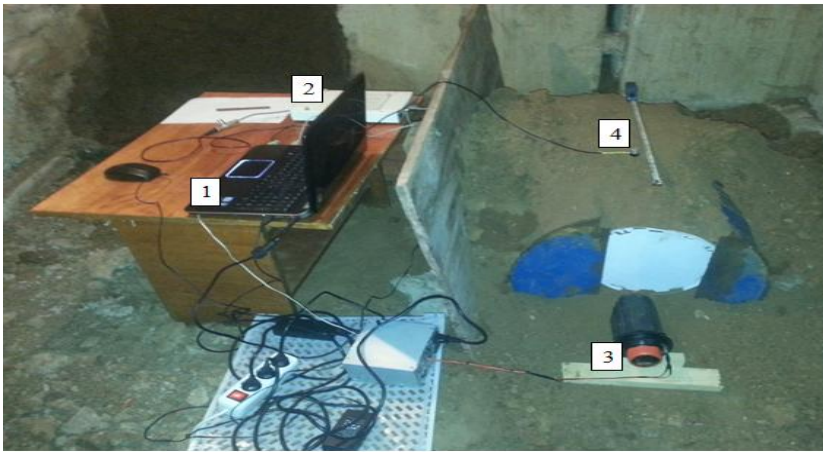



Рис. 1. Экспериментальная установка: *1* – персональный компьютер, *2* – АЦП-ЦАП, *3* – акустический излучатель, *4* – пьезоэлектрический датчик

В качестве объекта исследования был выбран трубопровод 1500х110х2,2(длина 1500 мм, диаметр 110 мм, толщина стенки трубы 2,2 мм), материал стать.

Для выбора основной частоты в полости исследуемого объекта с шагом в 10 Гц генерировались вынужденные колебания, и производилось измерение амплитуды на наружной стенке трубопровода. На рис. 2 представлен спектр колебаний исследуемого объекта на генерируемых частотах.

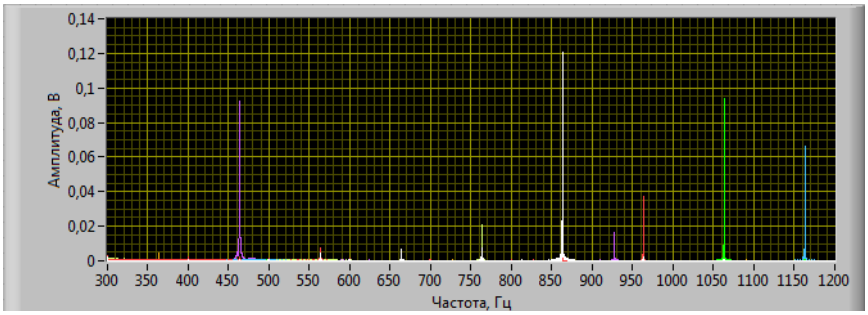



Рис. 2. Спектр колебаний исследуемого объекта на генерируемых частотах

Из данного спектра видно, что основной частотой является 864 Гц. Все дальнейшие исследования следует проводить на данной частоте.

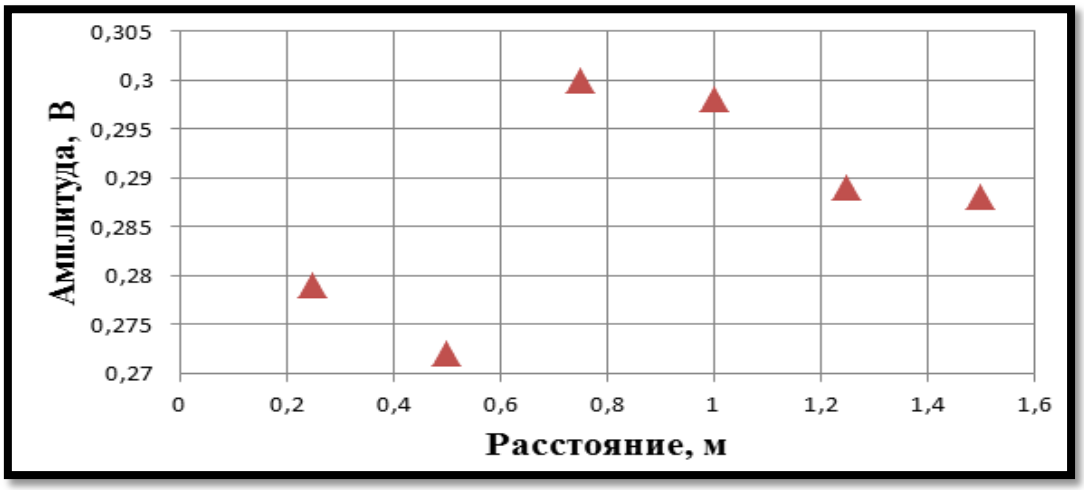



Рис. 3. Амплитуда сигнала с пьезодатчика пр перемещении вдоль оси трубопровода над грунтом

Распределение амплитуды колебаний на частоте 864 Гц по длине исследуемого трубопровода показано на рис. 3.

В ходе испытаний установлено, что различный тип грунта, материал и длина исследуемых трубопроводов не влияют на резонансные частоты колебаний. Основная гармоника зависит от диаметра трубопровода[1].

## Источники

1. Гапоненко, С.О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук / Казан.гос. энергет. ун-т. Казань, 2017. 22 с.

2. Гапоненко, С.О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань: КГЭУ. 2014. №7-8. С. 123-129.

3. Гапоненко, С.О. Измерительно–диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань: КГЭУ. 2013. №3-4. С. 138-141.

4. Гапоненко, С.О. Универсальная методика определения трассировки скрытых трубопроводов // XII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения», Казань: КГЭУ, 2017. Т.2. С. 74-76.

5. Гапоненко, С.О., Кондратьев А.Е. Методика поиска скрытых полых объектов в грунте // Научному прогрессу – творчество молодых.

Поволжский государственный технологический университет. 2017. №2-4. С. 115-118.

6. Гапоненко, С.О. Методы контроля местоположения заглубленных трубопроводов / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». В 3-х томах, Казань: Казанский гударственный энергетический университет, 2018. С. 157-160.

7. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. №2(47). С.9-13.

УДК 620.179.1

# ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ СТОХАСТИЧНОСТИ СИГНАЛОВ

Айрат РифкатовичЗагретдинов[1], Сергей Олегович Гапоненко[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]azagretdinov@yandex.ru

**Аннотация:** В работе предложена методика виброакустического контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры. Для анализа виброакустических сигналов предлагается использовать метод нормированного размаха (R/S анализ). Представлен алгоритм анализа виброакустических сигналов.

**Ключевые слова:** виброакустический контроль, трубопроводная арматура, метод нормированного размаха, R/S анализ, показатель Херста.

# VIBROACOUSTIC CONTROL OF THE TIGHTNESS OF THE PIPELINE VALVE GATE BY EVALUATING THE LEVEL OF STOCHASTICITY OF SIGNALS

Ayrat Rifkatovich Zagretdinov, Sergey Olegovich Gaponenko

**Annotation:** The paper offers a method for vibroacoustic control of the tightness of the valve of pipeline fittings. For the analysis of vibro-acoustic signals is proposed to use the method of normalized range (R/S analysis). An algorithm for analyzing vibroacoustic signals is presented.

**Key words:** acoustic monitoring, pipeline valves, the method of normalized amplitude, R/S analysis, Hurst exponent.

Трубопроводная арматура является обязательным элементом большинства технологических систем. Она обеспечивает исполнение технологических процессов по распределению, регулированию и сбросу рабочих сред. Критическим дефектом трубопроводной арматуры является нарушение ее герметичности.

Утечки арматуры во внешнюю среду могут быть выявлены при визуальном осмотре. Однако утечки в затворе арматуры не имеют внешних признаков, и требуют применения специальных методов контроля. К таким методам можно отнести гидро- или пневмоиспытания с измерением давления до и после затвора арматуры. Такие испытания достаточно трудоемки и не подходят для оперативного контроля.

В качестве экспресс-метода контроля герметичности затвора арматуры широко применяется акустический метод течеискания [1,2]. Он основан на индикации акустических колебаний, возбуждаемых в объекте при вытекании жидкости или газа через неплотность. Пропуск рабочей

среды обнаруживается по росту амплитуды диагностического сигнала (при спектральной обработке – амплитуды гармоник). В случае, когда амплитуда возрастает не из-за протечки, а из-за изменения других параметров системы, формируется ложный сигнал.

В связи с этим является актуальным применение для контроля герметичности трубопроводной арматуры новых методов, реагирующих не на увеличение амплитуды, а на изменение структуры сигнала.

Малый размер течей характеризуется турбулентностью потока даже при небольших перепадах давления. В турбулентном потоке всегда присутствуют хаотические флуктуации скорости и давления, которые создаются многочисленными вихрями различных размеров. Вследствие этого, при пропуске рабочей среды через затвор, на корпусе трубопроводной арматуры возбуждаются виброколебания сложной структуры. Анализ вибрации арматуры с применением методов теории детерминированного хаоса позволит повысить достоверность контроля пропуска рабочей среды.

Для количественной оценки стохастичности рядов широко применяется метод нормированного размаха (R/S анализ), предложенный британским гидрологом Г.Э. Херстом.

Алгоритм R/S анализа заключается в следующем [3]. Пусть имеется выборка из n элементов, которая представляет собой временной ряд.

1. Определяется наименьший собственный делитель $m$ выборки $n$. Выборка $n$ делится на $k=n/m$ групп.

Элементы в каждой группе обозначим как $t_i$.

3. Для каждой группы рассчитывается среднее значение

$$\overline{t_k} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} t_i, \frac{1}{m}\sum_{i=m+1}^{2m} t_i \ldots \frac{1}{m}\sum_{i=(k-1)m+1}^{n} t_i \qquad (1)$$

и накопленные отклонения от среднего $X_i$

$$X_1 = t_1 - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} t_i,\ X_2 = t_2 - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} t_i + X_1 \ldots$$
$$\ldots X_m = t_m - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} t_i + X_{m-1} \qquad (2)$$

4. Рассчитывается нормированный размах по каждой группе

$$R_k = \max(X_i) - \min(X_i) \qquad (3)$$

4. По каждой группе рассчитывается стандартное отклонение $S_k$ по стандартной формуле

$$S_k = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}(t_i - \overline{t_k})^2} \qquad (4)$$

5. Показатель *R/S* по каждой группе определяется как $R_k/S_k$. Затем находится средний размах вариации

$$\overline{R/S_j} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} R/S_i \qquad (5)$$

Индекс *j* в данном случае означает принадлежность *j*-му собственному делителю.

6. Описанная выше процедура повторяется, используя в качестве m все возможные собственные делители. На последнем шаге $m=n/2$.

Таким образом, получается выборка $\overline{R/S_j}$.

Количество элементов в выборке соответствует количеству собственных делителей.

7. Строится график зависимостей log *R/S* от log *m* и с помощью метода наименьших квадратов находится уравнение регрессии вида

$$\log R/S = H \cdot \log m + \log c, \qquad (6)$$

где *H* – показатель Херста.

Чаще всего результатом R/S анализа является искривленная линия, поэтому показатель Херста целесообразно определять на интервалах длины окна *m* [4].

Экспериментальные исследования подтвердили эффективность применения R/S анализа для контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры.

## Источники


1. Притужалов А.Д., Капитонов Н.Л., Воронцов А.В., Капитонов А.М. Контроль утечек в трубопроводной арматуре в процессе эксплуатации // Технологии нефти и газа. 2012. №3 (80). С. 50-53.

2. 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. Зиненко А. В. R/S анализ на фондовом рынке // Бизнес-информатика. 2012. № 3(21). С. 24-30.

УДК 697.343

# ВЛИЯНИЕ ТИПА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И СПОСОБА ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Евгения Станиславовна Закомолдина[1], Людмила ВалерьяновнаПлотникова[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

**Аннотация:** Энергия, затрачиваемая на теплоснабжение зданий и сооружений является одной из составляющих теплового баланса России. Тепловые потери при транспортировке теплоносителя от источника тепла к потребителю на сегодняшний день составляют до 30% отпускаемой тепловой энергии. В связи с этим снижение количества потерь тепловой энергии является одним из актуальных вопросов в сфере теплоэнергетики. В данной статье рассмотрены преимущества и недостатки различных теплоизоляционных материалов, а также факторы, оказывающие влияния на выбор того или иного типа теплоизоляции.

**Ключевые слова:** тепловая сеть, теплопотери, тепловая изоляция.

# INFLUENCE OF THE TYPE OF THERMAL INSULATION AND THE METHODOF INSTALLING THERMAL NETWORKS ON THE EFFICIENCYOF THERMAL NETWORKS

Evgenia Stanislavovna Zakomoldina, Lyudmila Valerianovna Plotnikova

**Abstract:** The energy spent on heat supply of buildings and structures is one of the components of the heat balance of Russia. Heat losses during the transportation of the heat carrier from the heat source to the consumer today account for up to 30% of the supplied heat energy. In this regard, reducing the amount of thermal energy losses is one of the pressing issues in the field of heat power engineering. This article discusses the advantages and disadvantages of various thermal insulation materials, as well as factors influencing the choice of one or another type of thermal insulation.

**Key words:** heating network, heat loss, thermal insulation.

Распределительные сети являются одним из ключевых элементов системы теплоснабжения.

Величина теплопотерь зависит способа прокладки, типа теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей и качество монтажа теплоизоляционных конструкций. Также выбор теплоизоляционных конструкций оказывает влияние на количество финансовых затрат на строительство и эксплуатацию, качество, надежность и срок службы систем теплоснабжения [1].

На территории Российской Федерации наиболее используемые теплоизоляционные конструкции – навесная изоляция (теплоизоляционный слой – маты из минеральной ваты или стекловолокна) и предизолированные трубы с тепловой изоляцией из пенополиуретана.

Также на сегодняшний день разработана жидкая теплоизоляция (теплоизоляционная краска).

При выборе тепловой изоляции необходимо учитывать различные факторы:

– температуру транспортируемой среды

– температуру окружающей среды

– способ прокладки тепловых сетей

– соответствие санитарно-гигиеническим нормам

– планируемый срок эксплуатации объекта

– теплоизоляционные качества материала

– возможность применения данного материала в заданных условиях и т.д.

Среди преимуществ использования минеральных материалов можно выделить возможность применения минеральных материалов при высоких температурах теплоносителя (до 650°С), технологичность монтажа и крепления на поверхности изолируемых трубопроводов, высокую степень ремонтопригодности. Их главными недостатками является высокая способность к влагопоглащению, способствующая ускорению коррозионных процессов и увеличению тепловых потерь и невозможность применения при бесканальной прокладке.

Наиболее часто для теплоизоляции применяют пенополиуретан с защитным покрытием из полиэтилена высокой плотности, которое предотвращает возможность увлажнения изоляции в процессе монтажа и эксплуатации, помогая защитить стальные трубопроводы от коррозии. Преимуществами данного типа тепловой изоляции являются: низкий коэффициент теплопроводности (0,032-0,035 Вт/(м·К));технологичность изготовления; отсутствие необходимости наносить тепловую изоляцию при строительстве трубопроводов; ускорение строительных процессов; возможность устройства системы оперативного дистанционного контроля; долговечность (до 30 лет);экологичность; быстрая окупаемость; возможность применения при бесканальной прокладки; звукопоглощение; снижение затрат на техобслуживание. Главными недостатками труб с пенополиуретановой изоляцией являются: невозможность их применения при температуре выше 130 °С; чувствительность к ультрафиолету; высокая стоимость; низкая адгезия [2].

Подбор оптимального способа теплоизоляции тепловых сетей позволит снизить теплопотери, а также капитальные и эксплуатационные затраты [3].

## Источники

1. Карницкий В.Ю., Филатова А.С. Оценка возможностей энергосбережения через систему транспортирования тепловой энергии // Известия ТулГу. Технические науки.2017. Вып.12 Ч.1. 110-112 с.

2. Лобынцев Р.А., Вердиев Н.Ф. Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей // Молодежь и научно-технический прогресс. Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. 2015. 210-212 с.

3. Путрюс Л.С. Выбор тепловой изоляции тепловых сетей // Наука и инновации в современных условиях. 2018. 132-134 с.

УДК 697.347

# ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЕЛАБУГА

Юлия Николаевна Звонарева[1], Ильнар Альбертович Зиганшин[2]
Михаил Владимирович Попов[3]
[1,2,3]ООО «КЭР-Генерация», г. Казань,
[1,2,3]zvonareva@ker-holding.ru

**Аннотация:** Гидравлическая разбалансировка системы теплоснабжения и отсутствие комплексного подхода ко всем элементам системы одновременно является наиболее часто встречающейся проблемой в централизованных системах теплоснабжения. Основная причина – несогласованность действий ресурсоснабжающих организаций и управляющих компаний при подготовке к отопительному сезону и эксплуатации системы при возникновении даже незначительных проблем и жалоб со стороны потребителей.

**Ключевые слова:** Наладка тепловых сетей, гидравлическая балансировка, индивидуальный тепловой пункт, энергоэффективность.

# HYDRAULIC BALANCING OF THE CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEM OF THE CITY OF ELABUGA

Yulia Nikolaevna Zvonareva, Ilnar Albertovich Ziganshin

**Annotation:** Hydraulic imbalance of the heat supply system and the lack of an integrated approach to all elements of the system are at the same time the most common problem in centralized heat supply systems. The main reason is the inconsistency in the actions of resource supplying organizations and management companies when preparing for the heating season and operating the system in the event of even minor problems and complaints from consumers

**Keywords:** Adjustment of heating networks, hydraulic balancing, individual heating point, energy efficiency.

Гидравлическая балансировка систем централизованного теплоснабжения решает две основные задачи: обеспечение комфортного обогрева во всех отапливаемых помещениях и снижение энергозатрат, благодаря эффективному использованию энергоресурсов [1].

В результате правильно выполненной балансировки насосное оборудование, обеспечивающее циркуляцию теплоносителя, начинает потреблять минимум электричества, а тепловая энергия расходуется рационально. Кроме того, снижаются потери теплоносителя в тепловых сетях и повышается общая надежность системы.

Компания ООО «КЭР-Генерация» , совместно с ООО «Управляющая компания «КЭР-Холдинг» и АО «Елабужское предприятие тепловых

сетей» на протяжении нескольких лет проводит различные мероприятия, направленные на повышение эффективности системы централизованного теплоснабжения г. Елабуга.

К наиболее значимым мероприятиям можно отнести ликвидацию центральных тепловых пунктов и оснащение потребителей индивидуальными тепловыми пунктами, с переносом функции подготовки теплоносителя на нужды горячего водоснабжения непосредственно к потребителю, замену морально устаревших и аварийных участков тепловых сетей, а также ликвидацию четырехтрубной системы теплоснабжения.

На сегодняшний день число потребителей оснащенных ИТП составляет 83% от общего числа подключенных к системе объектов.

Однако, массовое внедрение ИТП повлекло за собой не только положительные аспекты, но и возникла необходимость проведения гидравлической балансировки всей системы теплоснабжения города.

В 2020 году была начата глобальная работа по регулированию отпуска тепловой энергии от центральной котельной г. Елабуга, включающая в себя ряд мероприятий по расчету и установке дросселирующих устройств на вводах потребителей, с учетом сопротивления не только магистральных и распределительных сетей, а так же с учетом сопротивления, создаваемого внутридомовыми системами [2].

В ходе выполнения работы и с целью достижения большего энергосберегающего эффекта для снижения затрат на подготовку и перекачку теплоносителя, был прият ряд решений по перераспределению тепловых потоков и регулированию параметров давления в ключевых точках системы.

Гидравлические расчеты проводились с использованием программного комплекса *«ZuluThermo* 8.0*»*, предназначенного для моделирования реальных тепловых систем.

Наладка системы централизованного теплоснабжения по технологии ее исполнения состоит из трех основных этапов:

- разработка технических и организационных мероприятий, позволяющих обеспечить требуемые расходы теплоносителя через все системы теплопотребления, и учитывающие надежность, безопасность и работу системы в наиболее экономичном для данных условий режиме;

- внедрение разработанных мероприятий на всех элементах системы в краткие сроки, запуск системы;

- отладка внедренных мероприятий.

Третий этап является наиболее важным, так как в нем происходит регулировка систем по фактическому ее состоянию после проведения работ первого и второго этапов. Он сводится к коррекции размеров отверстий дроссельных устройств и к соответствующей настройке автоматических регуляторов расхода, напора, давления и температуры. Корректировка производится на основании данных о фактическом режиме работы отдельных теплоприемников или системы теплопотребления в целом, которые определяются путем замера температуры и давления сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах на вводах тепловой сети или внутри систем теплопотребления [3].

К регулировке системы централизованного теплоснабжения приступают после выполнения всех мероприятий для наладки.

Попытка отрегулировать систему теплоснабжения до полного внедрения всех мероприятий, как правило, не дает положительных результатов.

На данный момент в г. Елабуга все потребители оснащены расчетными дросселирующими устройствами, система запущена. Идет третий этап наладочных мероприятий, а именно регулировка по фактическому режиму отпуска тепла.

Несмотря на то, что комплекс работ по гидравлической балансировке до конца не выполнен, по итогу первого месяца отопительного периода 2020-2021 г.г. уже достигнуты первые показатели по экономии электрической энергии на перекачку теплоносителя и снижение затрат на его подготовку.

Прогноз снижения затрат за отопительный период 2020-2021 г.г., получены на основанный фактических данных работы системы за октябрь 2020 года, позволяет говорить о достижении экономии как минимум в 15 %, относительно прошлого отопительного периода.

## Источники

1. «Гидравлическая балансировка отопительных систем». Журнал «Аква-Терм» № 6/2019, рубрика «Отопление и ГВС».

2. Звонарева Ю.Н., Зверев О.И. «Совершенствование систем теплоснабжения путем внедрения АИТП «Вестник КГЭУ. 2019. т. 11. № 1 (41.)

3. Стрепетов В.С. «Наладка тепловых сетей и внутренних систем теплопотребления - путь к масштабному энергосбережению» Журнал "Новости теплоснабжения" 2013.№11. (159).

УДК 620.98

# ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

Роман Вадимович Ившин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Jonslinkson@gmail.com

**Аннотация:** Данная статья затрагивает актуальные существующие проблемы теплоснабжения в сфере ЖКХ, а также возможные варианты решений вопросов, связанных с оптимизацией и реализации высокого потенциала энергетических ресурсов.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергосберегающие мероприятия, оптимизация, теплоснабжение.

# OPTIMIZATION OF OPERATION OF THERMAL ENERGY SOURCES IN THE SPHERE OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Roman Vadimovich Ivshin

**Annotation:** This article touches upon the actual existing problems of heat supply in the field of housing and communal services, as well as possible solutions to issues related to the optimization and implementation of the high potential of energy resources.

**Key words:** energy saving, energy saving measures, optimization, heat supply.

Актуальность работы заключается в оптимизации режима работы источников тепловой энергии, действующих в границах крупных городов и муниципальных объединениях, для получения наиболее энергоэффективного результата в целях обеспечения экономии тепловой энергии и снижения тарифов в сфере ЖКХ.

Энергоресурсосбережение является одной из важных задач XXI века, так как потребление тепловой и электрической энергии — необходимое условие жизнедеятельности человека и создания благоприятных условий его быта.

Повышение качества жизни населения невозможно без реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов.

От результатов решения этой проблемы зависит и место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран. Россия –

одна из самых расточительных стран в мире. Весь объем экспортируемых нами нефтепродуктов и нефти сравним с потенциалом энергосбережения в России.

В настоящее время в системах теплоснабжения городов накоплено множество проблем, связанных с их качеством и надежностью, решать которые необходимо с точки зрения энергетической эффективности. Чтобы повысить качество и эффективность теплоснабжения, требуется не только обновить парк существующего оборудования, поменять схемно-технологические решения, но и оптимизировать сам тепловой рынок.

Актуальными задачами на сегодняшний день являются:

– оптимизация систем теплоснабжения в границах городов;

– повышение энергетической эффективности и качества теплоснабжения;

– улучшение экономических показателей работы тепловых сетей, котельных и ТЭЦ.

Для решения поставленных задач в системах теплоснабжения нужны радикальные перемены, во многом относящиеся к потребительскому рынку.

При условии выбора стратегии энергосбережения первая стадия работы заключается в проведении энергоаудита для проведения сбора и анализа информации об участках, на которых работа может быть улучшена.

Условно источники потерь энергии в жилищно-коммунальном комплексе можно разделить на три группы:

– потери на теплоисточнике: в процессах производства теплоносителя, связанные, в основном, с неутилизируемыми выбросами (отходящие газы, технологический пар, горячая вода, конденсат, загрязненная вода);

– потери в системах энергообеспечения жилого фонда (электропотребление, теплопотребление, водопользование);

– потери, связанные с моральным старением технологий и оборудования. Это относится как к процессу производства, так и потребления тепла.

С развитием цивилизации рост потребности в электрической энергии значительно опережает рост потребности в тепловой, идущей на нагрев жилых помещений и в системы горячего водоснабжения. Электроэнергии в стране в ближайшее время будет остро не хватать.

Концепция теплоэлектроцентралей, расположенных в городах, состоит в том, что, находясь в центре тепловых нагрузок, источники

тепловой энергии отдают тепловую энергию на полезные нужды и в тепловые сети. Загрузка источников тепловой энергии по теплу в первую очередь зависит от потребностей города.

Таким образом, можно обеспечить достаточный (или улучшенный) уровень энергоснабжения при общем снижении потребления энергии. Энергоэкономическая оптимизация работы предприятий ЖКХ и бюджетной сферы имеет большие перспективы для внедрения, для чего необходимо всемерно содействовать эффективной загрузке источников тепловой энергии, наращиванию теплофикационных мощностей, переводу мощностей котельных в пиковый или резервный режим работы.

## Источники

1. Сибикин, Ю. Д. Технология энергосбережения: учебник для сред. проф. образования // М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2006. 352 с.

2. Решетникова М.О. Сборник энергосберегающих мероприятий. Практическое руководство. М.: ИНФРА-М, 2015. 448 с.

3. Пилипенко Н.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. - ИТМО, 2016. 271 с.

4. Великанов В.П., Кожухов С.В. Автоматическое регулирование систем отопления жилых зданий. Серия: Жилищное хозяйство, М., 1985.

УДК 697.34:681.85

# СРАВНЕНИЕ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ИНДИВИДУАЛЬНОМ ТЕПЛОВОМ ПУНКТЕ

Кристина Станиславовна Кузборская[1], Юлия Николаевна Звонарева[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]K.KUZBORSKAYA@yandex.ru

**Аннотация:** В тезисе предлагается сравнение схем подключения автоматизированного индивидуального теплового пункта (далее – АИТП) к потребителям через насосы или теплообменные аппараты. В результате исследования выявлены преимущества и недостатки схем подключения для их дальнейшего использования в работе.

**Ключевые слова:** АИТП, тепловой пункт, теплообменник, насос, теплоснабжение, потребитель.

# COMPARISON OF CONSUMER CONNECTION SCHEMES IN AN AUTOMATED INDIVIDUAL HEATING POINT

Kristina Stanislavovna Kuzborskaya, Yulia Nikolaevna Zvonareva

**Annotation:** The thesis offers a comparison of schemes for connecting an automated individual heat point (hereinafter referred to as AIHP) to consumers via pumps or heat exchangers. The study revealed the advantages and disadvantages of connection schemes for their further use in the work.

**Keywords:** AIHP, heat point, heat exchanger, pump, heat supply, consumer

Системы центрального теплоснабжения могут быть подключены к потребителям по зависимой и независимой схемам. При зависимом присоединении используются элеваторы, либо насосы, которые подмешивают воду из обратной магистрали в подающую.При независимом присоединении в разделении систем распределения тепла и центральных тепловых сетей участвуют теплообменные аппараты, в которых теплоноситель из внешнего контура, не смешиваясь в теплообменнике, нагревает воду внутреннего контура помещения[1].

В автоматизированных индивидуальных тепловых пунктах используются следующие схемы присоединения потребителей:

1. Схема АИТП с регулирующим клапаном и циркуляционным насосом.

Циркуляционный насос в зависимой схеме помогает циркулировать теплоносителю в системе отопления здания. По перемычке между подающим и обратным трубопроводами осуществляется подмес обратной

воды в подающий трубопровод. Регулирующий клапан регулирует температуру за счет изменения подачи теплоносителя из подающего трубопровода. Преимущества схемы: простота схемы, большой диапазон регулирования в сравнении с элеваторной схемой, невысокая стоимость в сравнении с независимой схемой. Недостатки схемы: дорогая установка насоса и дополнительного оборудования для насоса, большие затраты на электроэнергию. Схема представлена на рис.1 [2].

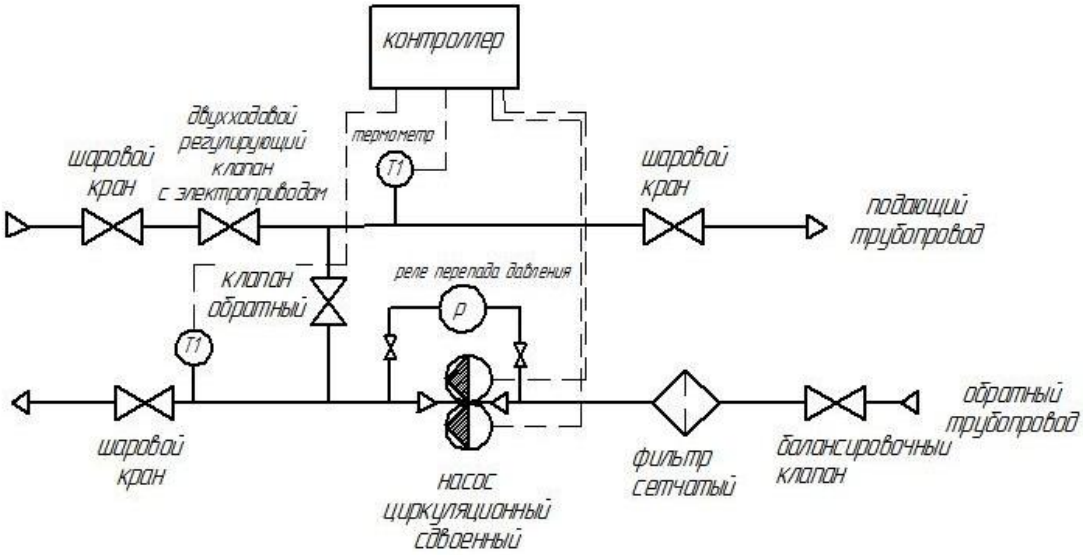



Рис. 1. Схема АИТП с регулирующим клапаном и циркуляционным насосом

2. Схема АИТП с одним теплообменником.

Данная схема является независимой, так как в ней используется теплообменник, в котором от первичного теплоносителя происходит нагрев вторичного, циркулирующего в системах распределения тепла. Здесь теплоноситель не смешивается, анагрев происходит через теплопередачу. Преимущества схемы: регулирующий клапан изменяет только температуру теплоносителя и не влияет на его расход; величина расхода определяется режимом работы циркуляционного насоса. Недостатки: высокая стоимость установки. Схема представлена на рис.2 [2].

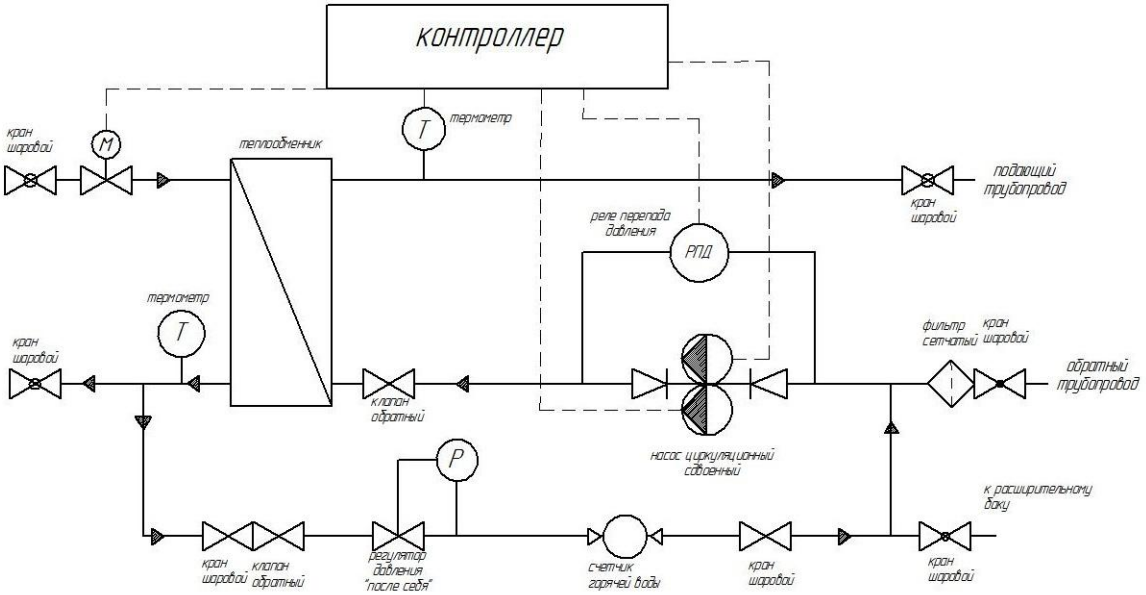



Рис. 2. Принципиальная схема АИТП с одним теплообменником

В заключение хотелось бы отметить следующее при сравнении двух представленных схем подключения потребителей в АИТП: рассмотрев данные схемы, мы выявили достоинства и недостатки зависимых и независимых схем подключения. Таким образом, переход на независимую схему позволяет применять автоматизацию, а также за счет использования теплообменников не меняется расход теплоносителя, что делает использование данных схем с одним или двумя теплообменниками на порядок экономичнее. Такие схемы выходят дороже по установке, но окупаются за недолгий срок и не требуют дополнительных затрат на оборудование и электроэнергию, что важно для перехода потребителей на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты.

## Источники

1. Звонарева Ю.Н. Влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость и эффективность систем теплоснабжения: дис. канд. техн. наук. Казан. гос. энерг. ун-т, 2019.

2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. К.: II ДП «Такісправи», 2007. 252 с.

УДК/ББК658.264/31.38

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА

Айгуль Фаргатовна Салахова[1], Эдуард Адгамович Ахметов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]agul_96@mail.ru, [2]axmetovite@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются преимущества от внедрения регулируемого электропривода насоса, а также проводится расчет и сравнивается годовой расход электроэнергии при работе насоса с номинальной скоростью и с регулируемым электроприводом.

**Ключевые слова:** электропривод, насосный агрегат, электроэнергия, экономия.

# FEASIBILITY STUDY FOR THE INTRODUCTION OF AN ELECTRIC PUMP DRIVE

Aygul Fargatovna Salakhova, Eduard Adgamovich Akhmetov

**Annotation:** The article discusses the advantages of introducing an electric pump drive, and also calculates and compares the annual power consumption when the pump operates at a nominal speed and with an adjustable electric drive.

**Key words:** electric drive, pumping unit, electric power, economy.

В последние годы все чаще внедряют частотное регулирование электродвигателя насосов в системе теплоснабжения. Это связано с тем, что частотное регулирование позволяет автоматизировать производственные процессы, экономично расходовать электроэнергию, повышать качество выпускаемой продукции, а также увеличивать надежность работы всей системы в целом.[1]

Его применение позволяет производить плавный разгон и остановку мощных насосных агрегатов, исключая появление гидроударов в трубопроводе при запуске в работу нового двигателя. Кроме того, он позволяет плавно регулировать производительность насоса и, следовательно, значение выходного напора насосной установки. [2]

Рассчитаем экономию электроэнергии от внедрения регулируемого электропривода насоса на примере котельной АО «Казэнерго» по ул. Чехова,36.

1. Определим мощность на валу насоса при работе с заданным расходом и фактическим давлением на напоре и всасе механизма без установленного ЧРЭП [3]:

$$N_{\text{ном}} = \frac{G \cdot (H_{\text{н}}^{\text{ф}} - H_{\text{вс}}^{\text{ф}}) \cdot \rho}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{дв}}} = \frac{273 \cdot (140 - 50) \cdot 997}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 104{,}2 \text{ кВт} \quad (1)$$

где $H_{\text{н}}^{\text{ф}}$ – фактическое давление на напоре насоса до регулирующего органа, м.вод.ст., $H_{\text{вс}}^{\text{ф}}$ – давление на всасе насоса, м.вод.ст., $\rho$ - плотность среды, кг/м$^3$, $\eta_{\text{м}}$ – КПД механизма при фактических напоре и расходе, $\eta_{\text{дв}}$ – КПД электродвигателя.

2.Определим мощность на валу насоса при работе с заданным расходом и фактическом давлении на напоре и всасе механизма после установки ЧРЭП:

$$N_{\text{ном}} = \frac{G \cdot (H_{\text{н}}^{\text{ЧРЭП}} - H_{\text{вс}}^{\text{факт}}) \cdot \rho}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{м}}^{\text{ЧРЭП}} \times \eta_{\text{дв}}} = \frac{273 \cdot (120 - 50) \cdot 997}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 81{,}1 \text{ кВт} \quad (2)$$

где $H_{\text{н}}^{\text{ЧРЭП}}$ – фактическое давление на напоре механизма, требуемое потребителям, м.вод.ст., $H_{\text{вс}}^{\text{факт}}$ – давление на всасе насоса, м.вод.ст., $\eta_{\text{м}}^{\text{ЧРЭП}}$ - максимальный КПД механизма.

3. Годовой расход электроэнергии при работе насоса с номинальной скоростью:

$$W_{н} = N_{\text{ном}} \cdot T \cdot K_{и} = 104{,}2 \cdot 6480 \cdot 1 = 675216 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (3)$$

где $T$ – количество часов работы, $K_{и}$ - коэффициент использования.

4. Годовой расход электроэнергии при работе насоса с регулируемым электроприводом:

$$W_{н} = N_{\text{ЧРЭП}} \cdot T \cdot K_{и} = 81{,}1 \cdot 6480 \cdot 1 = 525528 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (4)$$

5. Годовая экономия электроэнергии при работе насоса с регулируемым электроприводом по сравнению с обычным электроприводом:

$$\Delta W = W_{н} - W = 675216 - 525528 = 149688 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (5)$$

Таким образом, экономия электроэнергии от внедрения электропривода составила 22%. Насосный агрегат, управляемый преобразователем частоты в автоматическом режиме, становится из безусловно затратного объекта, объектом самоокупаемым.

## Источники

1. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. М.: Машиностроение, 2013. 176 с.

2. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов: учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2011. 476с.

3. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: справочно-методическое пособие [для инженерно-технических работников эксплуатационных и наладочных предприятий] / Апарцев М. М.. Москва :Энергоатомиздат, 1983. 203 с.

УДК/ББК 658.264/31.38

# ВЛИЯНИЕ УТЕПЛЕНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА МОЩНОСТЬ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Валерия Андреевна Чернышова[1], Эдуард Адгамович Ахметов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Chernyshovaleriya@mail.ru, [2]axmetovite@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматривается как повлияет утепление наружных стен помещения на мощность теплового насоса, необходимого для его обогрева. С этой целью был проведен расчет тепловых потерь помещения до и после утепления ограждающих конструкций и подсчитана энергоэффективность данного мероприятия.
**Ключевые слова:** тепловой насос, энергоэффективность, тепловые потери.

# INFLUENCE OF INSULATION OF EXTERNAL GUARDING STRUCTURES ON THE POWER OF A HEAT PUMP

Valeria Andreevna Chernyshova, Eduard Adgamovich Akhmetov

**Annotation:** The article examines how the insulation of the outer walls will affect the power of the heat pump required to heat it. For this purpose, the calculation of the heat losses of the premises before and after the insulation of the enclosing structures was carried out and the energy efficiency of this event was calculated.
**Key words:** heat pump, energy efficiency, heat losses.

Вопросы энергоресурсосбережения и экономного использования топлива, воды и энергии являются одними из актуальных и приоритетных проблем развития современной России, поэтому необходимо проведение рациональной политики энергоиспользования, в основе которой энергоресурсосберегающее использование во всех отраслях народного хозяйства. В сфере жилищно-коммунального хозяйства одним из путей снижения энергопотребления может быть использование тепловых насосов в системах горячего водоснабжения и отопления. [1] Однако известно, что капитальные затраты при создании системы на основе тепловых насосов достаточно велики. В связи с этим рассмотрим один из вариантов снижения затрат на оборудование, путем уменьшения его тепловой мощности за счет утепления наружных ограждающих конструкций.

Рассчитаем эффективность применения утепления наружных ограждающих конструкций на примере помещения, расположенного в промышленном корпусе, подлежащего модернизации в центральный архив с рабочими местами. В исследуемом помещении не предусмотрено окон, из наружных ограждающих конструкций имеется стена размером 48×4,8 м

с термическим сопротивлением равным $R$=2,9 Вт/м$^2$×°С и кровля размером 48×13,7 м с сопротивлением $R$=3,85 Вт/м$^2$×°С.

Рассмотрим, как утепление стен скажется на общих теплопотерях помещения, а соответственно на необходимой мощности теплового насоса для его обогрева. При утеплении наружных стен минераловатным утеплителем с коэффициентом теплопроводности не менее 0,039 Вт/м×°С и толщиной не менее 100 мм можем получить термическое сопротивление стены равное $R$=4,0 Вт/м$^2$×°С.

Базовая формула для подсчета расхода тепловой энергии через наружные ограждения выглядит следующим образом [3]:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \qquad (1)$$

где $k$=1/$R$ - коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/м$^2$×°С; $F$ – площадь ограждающей конструкции, м$^2$; $t_{int}$–внутренняя температура воздуха в помещении, равная 18°С; $t_{ext}$– наружная температура воздуха на улице, согласно СП 131.13330.2018 для г. Набережные Челны температура равна -32°С; β –добавочные теплопотери, зависящие от ориентации здания, для северо-восточной ориентации β=0,1.

По формуле (1) рассчитаем теплопотери через стену при фактическом термическом сопротивлении стены R=2,9 Вт/м$^2$×°С:

$$Q_1 = \frac{1}{2{,}9} \cdot 230{,}4 \cdot (18 - (-32)) \cdot (1 + 0{,}1) = 4308 \text{ Вт}$$

И после утеплении стены при R=4,0 Вт/м$^2$×°С:

$$Q_2 = \frac{1}{4{,}0} \cdot 230{,}4 \cdot (18 - (-32)) \cdot (1 + 0{,}1) = 3168 \text{ Вт}$$

Таким образом, сокращение тепловых потерь через наружную стену составит:

$$\partial = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{4308 - 3168}{4308} \cdot 100\% = 26{,}5\% \qquad (2)$$

Теперь необходимо найти сокращение тепловых потерь всего помещения засчет утепления наружной стены. По формуле (1) найдем тепловые потери для всех ограждающих конструкций помещения. В расчете будут участвовать лишь кровля и пол размером 48×13,7 м, внутренние стены можно не учитывать, поскольку температура соседних помещений равна или меньше расчетной на 2 °С. Таким образом, сумма тепловых потерь через конструкции составит $Q_3 = 13690$ Вт.

Общие фактические тепловые потери помещения:

$$\sum Q_1 = Q_1 + Q_3 = 4308 + 13690 = 17998 \text{ Вт} \quad (3)$$

Общие тепловые потери помещения после утепления наружной стены:

$$\sum Q_2 = Q_2 + Q_3 = 3168 + 13690 = 16858 \text{ Вт} \quad (4)$$

Таким образом, сокращение общих тепловых потерь помещения в результате утепления стены составит:

$$\partial = \frac{\sum Q_1 - \sum Q_2}{\sum Q_1} \cdot 100\% = \frac{17998 - 16858}{17998} \cdot 100\% = 6,3\% \quad (5)$$

Исходя из расчетов, можно сделать вывод о том, что в данном случае утепление наружной стены приводит к небольшому сокращению общих тепловых потерь всего помещения равному 6,3 %, несмотря на то, что тепловые потери через наружную стену при ее утеплении сократятся на 26,5% . Таким образом, можно говорить о том, что утепление наружных ограждающих конструкций позволяет снизить тепловые потери зданий, тем самым позволяя подобрать тепловой насос меньшего типоразмера для его обогрева, что в свою очередь позволит снизить не только капитальные затраты на оборудование, но затраты на электрическую энергию во время всего срока службы теплового насоса.

## Источники

1. Елистратов С.Л. Комплексное исследование эффективности тепловых насосов: автореферат дис. ... докт. техн. наук: 01.04.14 / Елистратов Сергей Львович; [Место защиты: Новосиб. гос. техн. ун-т]. Новосибирск, 2011. 39 с.

2. СП 131.13330.2018. Свод правил. Строительная климатология. (Актуализированная редакция взамен СНиП 23-01-99*). М.: Стандартинформ, 2019. 113 с.

3. Малявина Е.Г. Теплопотери здания: Справочное пособие. М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. 144 с.

УДК 621.311.22

# ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КИСЛОРОДА В ОСНОВНОМ КОНДЕНСАТЕ

Артем ДмитриевичВодениктов[1], Азамат ИльшатовичМинибаев[2],
Наталия ДмитриевнаЧичирова[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vodhan@list.ru, [2]minibaev-a @mail.ru, [3]ndchichirova@mail.ru

**Аннотация:** Целью работы является изучение режимов работы конденсационных установок паровых турбин, определение факторов, влияющих на остаточное кислородосодержание основного конденсата.

**Ключевые слова:** Конденсационная установка, деаэрация, паровая тубина, концентрация кислорода, коррозия.

# ASSESSMENT OF THE DEGREE OF INFLUENCE OF THE COOLING WATER TEMPERATURE ON THE OXYGEN CONCENTRATION IN THE MAIN CONDENSATE

Artem Dmitrievich Vodennikov , Azamat Ilshatovich Minibayev ,
Nataliya Dmitrievna Chichirova

**Annotation:**The aim of this work are research of the working regimes of the steam turbines condensers and determination of the factors that influence on the oxygen concentration.

**Keywords:**Condenser, deaeration, steam turbine, oxygen concentration, corrosion.

Кондесационная установка является одной из важнейших составляющих паровой турбины, влияющих на условия работы турбины и её экономичность. Конденсаторы паровых турбин, в которых поддерживается глубокий вакуум (до 97 %), являются мощными вакуумными деаэраторами. Поэтому они используются для деаэрации питательной воды паровых котлов.

Через неплотности в соединениях корпуса, сальниках артматуре, а также микроповреждения турб, в паровой объем конденсатора поступает атмосферный воздух. Если присосы воздуха превышают норму, то возможно величение давления и насыщение основного конденсата неконденсируемыми газами. Согласно правилам технической эксплуатации количество кислорода поступающего с воздухом не должно превышать 20 мкг/л. Концентрация кислорода в основном конденсате является одним из главных показателей, характеризующих эффективность

работы конденсатора. Превышение данного значения приводит к интенсификации коррозии элементов регенерации низкого давления, что, в свою очередь, может привести к аварийному отключению генерирующего оборудования.

Согласно исследованиям, применение в современных конденсаторах трубных пучков регенеративного типа позволяет обеспечить низкое содержание кислорода в основном конденсате.

Зависимость вакуума в конденсаторе от расхода и температуры охлаждающей воды является одной из основных характеристик конденсатора и подробно описывается в заводских характеристиках. Однако, существуют различные мнения о влиянии температуры охлаждающей воды на деаэрирующую способность конденсатора. Согласно данным ОРГРЭС, при номинальной паровой нагрузке конденсатора деаэрация конденсата происходит в достаточном объеме в интервале температур охлаждающей воды от 1 до 20 $^{o}$C.

Однако, в работе, посвященной испытанию конденсатора 300-КЦС-1 говорится о негативном влиянии на деаэрирующую способность данной модели конденсатора пониженной температуры охлаждающей воды.

Для проверки влияния температуры охлаждающей воды на деаэрационную способность конденсатора паровой турбины К-210-130 ЛМЗ был проведен анализ работы энергоблока.

Режим работы моноблока с конденсационной турбиной, с оборотной ситемой циркуляционного водоснабжения анализировался на протяжении 6 месяцев. Изменение температуры циркуляционной воды обусловлено сезонным изменением температуры наружнего воздуха.

Было установлено, что на деаэрационную способность рассматриваемого конденсатора негативно влияет понижение температуры охлаждающей воды. При практически неизменной величине присосов в вакуумную систему, величины концентрации растворенного кислорода в основном конденсате увеличивалась, примерно, на 40 % при снижении температуры на 10 $^{o}$C (при сравнении с летним режимом)

## Источники

1. Лосев С.М. . Паровые турбины. 9. М. : Госстройиздат, 1959. 384 с.

2. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. . Конденсационные установки паровых турбин: Учебн. пособие для вузов, М.: Энергоатомиздат, 1994. 288с. ил. ISBN 5-283-00162-8.

УДК 621.31

# ВАРИАНТЫ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК

Ярослав Олегович Шайхутдинов[1], Дилара Ахлимановна Макуева[2],
Азамат Ильшатович Минибаев[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]jara2105@mail.ru, [2]dil.avp@mail.ru, [3]minibaev-a@list.ru

**Аннотация:** Тепловыделяющие сборки ядерных реакторов после использования в течение нескольких лет извлекаются из реактора и помещаются в бассейн выдержки. При этом в течение еще нескольких лет они продолжают выделять тепло, которое нужно утилизировать. В данной статье рассматриваются некоторые способы полезного использования остаточного энерговыделения отработавших тепловыделяющих сборок, использование которых может снизить затраты на собственные нужды атомной электростанции.

**Ключевые слова:** тепловыделяющая сборка, остаточное энерговыделение, отработавшее ядерное топливо, накопление энергии, теплота.

# WAYS OF USE OF THE DECAY HEAT OF SPENT FUEL ASSEMBLY

Yaroslav Olegovich Shaikhutdinov[1], Dilara Akhlimanovna Makueva[2],
Azamat Ilshatovich Minibaev[3]

**Annotation:** After several years of use, the fuel assemblies of nuclear reactors are removed from the reactor and placed in the holding pool. For several more years, they continue to generate heat that needs to be disposed of. This article discusses some ways of use of the decay heat of spent fuel assemblies, the use of which can reduce the cost of own needs of a nuclear power plant.

**Key words :** fuel assembly, decay heat, spent nuclear fuel, energy accumulation, heat.

В настоящее время каждая тепловыделяющая сборка (ТВС) может использоваться в реакторе порядка 4-5 лет в зависимости от топливного цикла станции. После этого сборки извлекаются и с помощью перегрузочной машины направляются в бассейн выдержки, где спустя несколько лет остаточное энерговыделение отработавших ТВС (ОТВС) падает [1].

Во время пребывания ОТВС в бассейне выдержки они выделяют теплоту, которую можно и нужно утилизировать. Для расчета мощности остаточного тепловыделения можно воспользоваться формулой Вэя-Вигнера [2].

Остаточное энерговыделение для ОТВС реактора РБМК-1000 в зависимости от времени после выгрузки представлено в таблице 1 [3]:

Таблица 1

Остаточное энерговыделение одной ОТВС РБМК-1000

| Т, мес | 0,25 (1 нед) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *W*, % от $W_0$ | 0,251 | 0,136 | 0,096 | 0,075 | 0,063 | 0,054 | 0,047 | 0,042 | 0,037 | 0,034 |
| *W*,кВт | 5,02 | 2,72 | 1,92 | 1,51 | 1,26 | 1,08 | 0,94 | 0,84 | 0,75 | 0,68 |

Полное расчетное остаточное энерговыделение одной ОТВС ВВЭР-1000 представлено в таблице 2 [4]:

Таблица 2

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 | $5{,}99\cdot10^{16}$ | $4{,}96\cdot10^{16}$ | $3{,}1\cdot10^{16}$ | $2{,}42\cdot10^{16}$ | $3{,}66\cdot10^{15}$ | $1{,}58\cdot10^{15}$ |
| $(W_\alpha+W_\beta)$, Вт/ОТВС | 9610 | 7940 | 4964 | 3870 | 587 | 254 |

На основании анализа литературы было выявлено, что остаточное энерговыделение ОТВС можно использовать в следующих полезных сценариях:

1. Теплота, выделяемая ОТВС, является низкопотенциальной. Ее можно использовать в тепловом двигателе, работающем по циклу Ренкинас замкнутым контуром циркуляции и использующим в качестве рабочего тела низкокипящую жидкость. Данный способ мог бы повысить общий КПД электростанции за счет дополнительной выработки электроэнергии [5]. В качестве такого рабочего тело предпочтительнее использовать эфир $C_5H_2F_6O_2$ [6].

2.Использование остаточного энерговыделения ОТВС для подрева воды в системе горячего водоснабжения (ГВС) или для подогрева химобессоленной воды. В данном случае мощность линейно зависит от

количества ОТВС, установленных в корпусе нагревателя теплоносителя. К примеру, для мощности ГВС в 500 кВт потребуется 330 ОТВС при условии замены наименее энергетичной трети всего числа ОТВС 1 раз в 3 месяца на ОТВС с выдержкой около 1 месяца [3].

3.ОТВС после извлечения из реактора имеют температуру в пределах 300 градусов Цельсия [3]. Если установить систему выработки энергии, которая реагирует на разницу температур, например, между непосредственно сборкой и охлаждающей водой в бассейне, то полученную энергию можно накапливать в аккумуляторах, либо использовать сразу, например, для питания насоса, перекачивающего воду в бассейне выдержки [6], или же отправить полученную энергию на собственные нужды станции (например, ночное освещение).

Использование данных способов может снизить затраты на собственные нужды станции благодаря пассивной выработке и накоплению дополнительной энергии.

## Источники

1. Как производится ядерное топливо[Электронный ресурс] // Росатом: [сайт]. [2020].URL: https://rosatom-easteurope.com/journalist/smi-about-industry/kak-proizvoditsya-yadernoe-toplivo/ (дата обращения: 14.10.2020).

2. Андрушенко С.А., Афров А.М., Васильев Б.Ю и др.От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / М.: Логос, 2010.171 с. ISBN 978-5-98704-496-4.

3. Патент РФ №2014115738/02, 18.04.2014.

4. 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.

5. Патент РФ №2017126650, 26.07.2017.

6. Артеменко С.В. Фторированные эфиры – рабочие тела для низкотемпературного цикла Ренкина на органических веществах / Артеменко С.В. // Проблемы региональной энергетики. 2014. № 26. С. 22-30.

7. Патент США US №2013/0028365A1.

УДК 621.314

# ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ARIS В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Алсу Ренатовна Галяутдинова[1], Ренат Анасович Хаялиев[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Alsu296@ya.ru, [2]ren234415@gmail.com

**Аннотация:** В статье рассматривается применение программно-технического комплекса ARIS в системе диагностики силовых трансформаторов, с целью повышения эффективности использования трансформаторного оборудования и цифровизации системы.

**Ключевые слова:** силовые трансформаторы, программно-технический комплекс, диагностика, SCADA-система, надежность, эффективность, повреждения, протокол, обмен данными, контроллеры.

# POSSIBILITY OF APPLICATION OF THE ARIS SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX IN THE DIAGNOSTIC SYSTEM OF POWER TRANSFORMERS

Alsu Renatovna Galyautdinova, Renat Anasovich Khayaliev

**Annotation:** The article discusses the use of the ARIS software and hardware complex in the power transformer diagnostics system, in order to increase the efficiency of the use of transformer equipment and digitalization of the system.

**Key words**: power transformers, software and hardware complex, diagnostics, SCADA-system, reliability, efficiency, damage, protocol, data exchange, controllers.

Силовые трансформаторы являются одним из наиболее дорогостоящих элементов подстанции. Есть необходимость выявления начальной стадии развития дефекта, предаварийных и аварийных режимов на трансформаторном оборудовании. Поэтому актуальными становятся вопросы поиска новых подходов и методов мониторинга, диагностики и оценки текущего состояния для эффективного технического обслуживания и ремонта[1].

Существует два основных подхода к созданию систем мониторинга и управления энергообъектами. Первый из них основывается на архитектуре, определяемой стандартом МЭК 61850. Архитектура этого подхода предполагает создание автоматизированных систем с распределенной структурой. Основными элементами в них являются интеллектуальные электронные устройства, в качестве которых могут выступать контроллеры присоединений, терминалы РЗА и другие устройства, контролирующие одно или несколько присоединений подстанции.

Автоматизированные системы небольших объектов строятся на базе классической структуры. Под централизованной архитектурой подразумевается наличие двух основных уровней: центрального контроллера и модулей УСО (модулей дискретного и аналогового ввода/вывода), а также отдельных измерительных приборов [2]. Архитектура с центральным управляющим контроллером проста в реализации, но имеет ряд функциональных и технических ограничений (низкая скорость передачи, большое количество медных связей, ограничение по производительности центрального контроллера, единую точка отказа (центрального контроллера).

Далее рассмотрим применение программно-технического комплекса (ПТК) *ARIS* в системе диагностики силовых трансформаторов. Комплекс разработан в соответствии со стандартом МЭК 61850 для построения авторизированных систем энергообъектов. ПТК *ARIS* – программно-технический комплекс аппаратных средств для создания автоматизированных систем (АСУ ТП ПС, АСУ ТП ЭТО) энергообъектов. Состав ПТК *ARIS* представлен на рис.1.


Состав ПТК ARIS

Основным элементом ПТК *ARIS* являются многофункциональные контроллеры *ARIS* C30x, которые представляют собой модульные, проектно-компонуемые, программно-конфигурируемые промышленные контроллеры, содержащие встраиваемые модули ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, коммуникационные модули. Использование различных комбинаций программных опций и аппаратных модулей позволяют применять *ARIS* C30x в качестве контроллера присоединения, объектового контроллера, коммуникационного шлюза при создании АСУ ТП, систем сбора и передачи информации, систем телемеханики электрических подстанций и электростанций, контроллера СУМТО, УСПД в системах АИИС КУЭ и АСТУЭ, а также прибора учета электроэнергии.

Система мониторинга трансформаторного оборудования с применением ПТК *ARIS* создается на базе информационно-измерительной

системы, работающей в режиме реального времени, которая оснащена средствами сбора, обработки, отображения, хранения и передачи информации. Она включает в свой состав PC – совместимые компьютеры, *SCADA*-систему, программируемые логические контроллеры, первичные измерительные преобразователи(датчики), а также системы для контроля технического состояния отдельных частей и узлов трансформаторного оборудования.

По результатам выполнения алгоритмов диагностики и прогнозирования технического состояния трансформаторного оборудования формируются наглядные графические формы, звуковая и световая предупредительная и аварийная сигнализация, сопровождающаяся предупредительными или аварийными сообщениями. Основанием для формирования технологической сигнализации служит достижение одного или нескольких параметров к критическим величинам, определенным в нормативно-технической документации, действующей на территории РФ. Система с применением ПТК *ARIS* имеет иерархическую трехуровневую структуру:

1)I уровень – уровень сбора данных, который включает в себя исполнительные устройства, первичные датчики и измерительные системы, установленные на трансформаторном оборудовании;

2)II уровень – уровень первичной обработки измеряемых параметров и команд управления, поступающим по аналоговым, дискретным и цифровым измерительным каналам [3];

3)III уровень – уровень консолидации, хранения и визуализации данных, применяемые технические средства выполнены на базе PC-совместимых компьютеров промышленного или офисного исполнения, работающие под управлением операционных систем, совместимых со *SCADA*-системой, а также сетевое оборудование для объединения всех технических средств локальной вычислительной сетью *Ethernet*.

Таким образом, для обеспечения потребителей бесперебойным электроснабжением и безаварийной работой энергетической системы необходимо, как можно быстрее выявить причину отказа и вывести место повреждения от неповрежденной сети, в то же время восстановив нормальные условия их работы. Применение программно-технического комплекса *ARIS* в системе диагностики трансформаторного оборудования позволит повысить эффективность эксплуатации трансформаторного оборудования, выявить начальные стадии развития дефекта или аварийных режимов на контролируемом оборудовании, сократить инвестиционные затраты на необоснованное обновление оборудования.

## Источники

1. Денисова А.Р., Спасов Д.П., Галяутдинова А.Р., Иванова В.Р. «Исследование работоспособности и качества функционирования трансформаторного оборудования электротехнических систем» выходные данные: Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. Т. 22, № 3 (2020) С. 23-35.

2. Компания ProSoft Автоматизация энергообъектов [Электронный ресурс] // ФБ.ру. URL: https://energybase.ru/uploads/.

3. Роженцова Н.В., Галяутдинова А.Р. «Внедрение АИИС КУЭ в систему диагностики силовых трансформаторов» // сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 100-летию образования Республики Башкортостан «Наука. Технология. Производство – 2019: Моделирование и автоматизация технологических процессов и производств, энергообеспечение промышленных предприятий» / под общ.ред.М.Г. Баширов. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019. С.338-341.

## СОДЕРЖАНИЕ

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



### Секция 2.ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

## Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ



## Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

## Секция 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ



## Секция 6. СВЕТОТЕХНИКА



## Секция 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

## Секция 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

## Секция 9. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ



## Секция 10. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

*Научное издание*

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

VI Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 10-11 декабря 2020г.)

В двух томах

Том 2

Корректоры: С.Н. Валеева
Компьютерная верстка: С.Н. Валеева
Дизайн обложки: Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 11.12.2020 г. Тираж 40. Заказ № 5210
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 22,85. Уч .изд. л. 23,10.

Центр публикационной активности КГЭУ
420066,г. Казань, ул. Красносельская, 51.