

Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова  
Научно-образовательный центр «Инженер»

2-я Международная  
научно-техническая конференция

# **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**

сборник научных статей

**24 марта 2023 года**

**ТОМ 2**

Курск – 2023

УДК 621.31  
ББК 31.2  
Э45 СХА-06

Председатель оргкомитета:  
Серебровский Владимир Исаевич, д.т.н., профессор, Курская ГСХА

Заместитель Председателя оргкомитета:  
Агеев Евгений Викторович, д.т.н., профессор,  
Юго-Западный государственный университет, г. Курск.

Члены организационного комитета:  
*Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент, Курская ГСХА*  
*Калуцкий Евгений Сергеевич, к.т.н., доцент, Курская ГСХА*  
*Гнездилова Юлия Петровна, к.т.н., доцент, Курская СХА*  
*Ответственный секретарь – Серникова Ольга Сергеевна, ст.лаборант*

**Электроэнергетика сегодня и завтра:** сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции (24 марта 2023 года), в 2-х томах, Том 2. - Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2023. - 271 с.

**ISBN 978-5-907710-59-7**

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных молодых ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований в области электроэнергетики и сельского хозяйства.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР, специалистов в области агроинженерии, преподавателей, студентов и аспирантов вузов.

Материалы в сборнике публикуются в авторской редакции.

**ISBN 978-5-907710-59-7**

УДК 621.31  
ББК 31.2

© Курская государственная  
сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова, 2023  
© Авторы статей, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Новиков Е.П., Кругляков О.В., Агеева А.Е.</i> ПОРИСТОСТЬ ЭЛЕКТРОКОРУНДА, СПЕЧЕННОГО ИЗ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЯ МАРКИ АД0Е .....	7
<i>Одинец М.М., Коняев Н.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ .....	12
<i>Онищенко И.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	16
<i>Онищенко И.В.</i> МАГНИТОПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ .....	20
<i>Онищенко И.В.</i> НАДЁЖНОСТЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.....	23
<i>Павлов Б.В.</i> ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В СЛОЕ ГРАФИТОВОЙ ПАСТЫ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СТАЛИ ШХ15 .....	27
<i>Паньков Д.Н., Бугорский И.А.</i> СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ (АКБ) И СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ.....	33
<i>Петренко А.А., Агеева Е.В.</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННОГО ОТВАЛА ПЛУГА .....	36
<i>Погиба К.В., Пудовинникова М.В., Смакова А.Р.</i> НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ .....	41
<i>Погиба К.В., Пудовинникова М.В., Смакова А.Р.</i> ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ .....	43
<i>Погиба К.В., Пудовинникова М.В., Смакова А.Р.</i> ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ .....	46
<i>Познахирёв Е.Н., Коняев Н.В.</i> К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	48
<i>Попов С.А., Фальков Г.А., Попова А.Ю.</i> ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС .....	52
<i>Пудовинникова М.В., Смакова А.Р., Левкин В.А.</i> СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ .....	56
<i>Пудовинникова М.В., Смакова А.Р., Левкин В.А.</i> ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЕ ПОДСТАНЦИИ.....	59
<i>Пудовинникова М.В., Смакова А.Р., Левкин В.А.</i> ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	61
<i>Пудовинникова П.В., Пудовинникова М.В., Смакова А.Р.</i> ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ .....	64

<i>Пудовинникова П.В., Пудовинникова М.В., Левкин В.А.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	66
<i>Пудовинникова П.В., Пудовинникова М.В., Левкин В.А.</i> ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ.....	69
<i>Родионов В.А., Достов Р.Г.</i> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ .....	72
<i>Рубцов Н.И., Бурковский В.Л.</i> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА УСТРОЙСТВА ЛЕТАЮЩЕЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ .....	75
<i>Руденко В.В., Носиков Д.Н.</i> ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПАНИЯМИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ 79	
<i>Руденко В.В., Булавинов Е.К.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА .....	83
<i>Садовая И.И.</i> ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ СНЧ.....	87
<i>Садовая И.И.</i> ОТ ИСПЫТАНИЙ К ДИАГНОСТИКЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....	91
<i>Садовая И.И.</i> ТЕСТИРОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ ЧР.....	95
<i>Сариго Н.В.</i> ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	98
<i>Сафронов Р.И., Кащеев А.С.</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОТОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ДОСВЕЧИВАНИЯ РАСТЕНИЙ.....	101
<i>Сафронов Р.И., Милютин С.А.</i> ВЛИЯНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....	104
<i>Сафронов Р.И., Милютин С.А.</i> ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....	109
<i>Селиванов Е.Г., Агеева Е.В.</i> ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЭКОНОМИИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ.....	114
<i>Семеняков Д.Н.</i> КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....	118
<i>Семеняков Д.Н.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ .....	121
<i>Семеняков Д.Н.</i> КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....	125
<i>Сёмина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С.</i> АНАЛИЗ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ .....	128
<i>Сёмина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С.</i> К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ПОТЕРЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	132
<i>Сёмина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С.</i> РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КРС .....	136

<i>Серебровский В.И., Калуцкий Е.С., Серникова О.С.</i> О ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ВОЛЬФРАМА С МЕТАЛЛАМИ ГРУППЫ ЖЕЛЕЗА .....	140
<i>Серебровский В.И., Серникова О.С., Кривоухова Л.В.</i> К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ .....	144
<i>Смакова А.Р., Пудовинникова М.В., Левкин В.А.</i> АВТОМАТИКА ОТЫСКИВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЛЭП. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ-ОМП .....	148
<i>Смакова А.Р., Пудовинникова М.В., Левкин В.А.</i> АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	151
<i>Смакова А.Р., Пудовинникова М.В., Левкин В.А.</i> ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ.....	154
<i>Сметанин А.В.</i> РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ НА ПРИМЕРЕ ГУП «ТЭК СПБ».....	157
<i>Соловьев Д.С.</i> АЛГОРИТМ ПРОЕКТНОГО РАСЧЁТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ ПОЛЮСАМИ .....	160
<i>Соловьев Д.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ РАСЧЕТЕ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ .....	163
<i>Соловьев Д.С.</i> СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ И ИХ ВИДЫ.....	167
<i>Сопин А.В., Маяков А.С.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО-ДОПУСТИМОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ .....	170
<i>Старых С.А., Ратникова М.И., Дегтев А.И.</i> ЗАВИСИМОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ОТ ХАРАКТЕРА И СОСТОЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	173
<i>Старых С.А., Ратникова М.И., Дегтев А.И.</i> ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	179
<i>Стефу Я.И., Третьяков Е.А.</i> К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	185
<i>Сурненков П.М., Сазонов Е.В., Грашков С.А.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЛУЖБОЙ .....	189
<i>Трошин А.Ю., Башкирев А.П., Чаплыгина И.А.</i> ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СОШКИКОВ СТЕРНЕВЫХ СЕЯЛОК .....	193
<i>Уварова А.Г.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОДОРОГ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ .....	196
<i>Ульянова А.С.</i> РАЗРАБОТКА ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ИМПУЛЬСА, УСТАНОВЛИВАЕМОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ КОДОМ С ТРЕМЯ РАЗРЯДАМИ УПРАВЛЕНИЯ.....	200
<i>Ульянова А.С.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	203
<i>Ульянова А.С.</i> СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРОСИСТЕМАХ .....	205

<b>Фальков Г.А., Попов С.А., Горлов А.С.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ И ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ .....	209
<b>Федорович Д.И., Сафронов Р.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-РОТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ .....	211
<b>Филина А.В., Демкин А.О.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПАРАМЕТРЫ КОНДЕНСАТОРОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	216
<b>Хабиров Ф.Ф., Вохмин В.С., Сарварова Р.В.</b> ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР НА БИОТОПЛИВЕ .....	220
<b>Хлопоткина А.К., Кривова Л.В.</b> О СИТУАЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ XXI ВЕКА.....	224
<b>Худенцов А.Е., Руденко В.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	228
<b>Худенцов А.Е., Коняев Н.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ .....	232
<b>Царенков И.И., Осипов А.П.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА .....	236
<b>Чернега А.А., Рыжков В.В.</b> О ПРИМЕНИМОСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	239
<b>Широких М.А., Рышков Н.А., Гуреев Ю.А.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА ФАСОЛИ .....	241
<b>Шпиньков Д.И.</b> ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	246
<b>Ющенко Д.С.</b> ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПЕРЕМЕННОЕ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ.....	250
<b>Ющенко Д.С.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....	252
<b>Ющенко Д.С.</b> ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЁТА РАЗВЕТВЛЁННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОЗИЦИЙ ФОРМАЛИЗАЦИИ .....	254
<b>Ярыгина И.В., Галкин А.И.</b> НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ....	258
<b>Ярыгина И.В., Галкин А.И.</b> ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	262
<b>Ярыгина И.В., Галкин А.И.</b> ЭНЕРГОСЕБЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.....	267

УДК 621.762

## **ПОРИСТОСТЬ ЭЛЕКТРОКОРУНДА, СПЕЧЕННОГО ИЗ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЯ МАРКИ АД0Е\***

*Новиков Евгений Петрович, к.т.н., с.н.с.*

*Кругляков Олег Викторович, к.т.н., доцент*

*Агеева Анна Евгеньевна, студент*

*E-mail: ageevaanna2004@yandex.ru*

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*Представлены результаты исследования пористости электрокорунда, спеченного из диспергированных отходов алюминия марки АД0Е. Экспериментально установлено, что электрокорунд, полученный искровым плазменным сплавлением электроэрозионной шихты, имеют пористость порядка 0,5 %.*

*\*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (МК-2539.2022.4).*

*Ключевые слова: отходы алюминия марки АД0Е, электроэрозионное диспергирование, вода, порошок, искровое плазменное спекание, пористость.*

В настоящее время алюминий получил широкое распространение в судо-, автомобиле- и авиастроении, в пищевой и холодильной промышленности, в изготовлении бытовых предметов и многое другое. Помимо этого, алюминий является популярным материалом в строительстве. Это объясняется его преимуществами, отличительными характеристиками и высоким качеством. Среди преимуществ стоит выделить то, что этот металл отличается небольшим весом, устойчивостью к атмосферным влияниям, также он не подвержен коррозионным процессам.

С экономией алюминия тесно связаны мероприятия по сбору отходов алюминиевых сплавов и их переработка [1-3]. В отечественной и зарубежной промышленности в настоящее время применяют несколько методов переработки отходов алюминия, которые в большинстве своем характеризуются крупнотоннажностью, энергоёмкостью, большими производственными площадями, малой производительностью, а также экологическими проблемами. Одним из перспективных методов получения порошка, практически из любого токопроводящего материала, в том числе отходов алюминия, отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) [4-9].

Для разработки технологий для получения электрокорунда из отходов алюминия и оценки эффективности их практического применения требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований [10-14].

Целью данной работы являлось изучение фазового состава электрокорунда, спеченного из диспергированных отходов алюминия марки АД0Е.

Электродиспергирование отходов алюминия марки АД0Е осуществляли в дистиллированной воде на оригинальной установке при ёмкости разрядных конденсаторов 65,5 мкФ, напряжении на электродах 200 В, частоте следования импульсов 200 Гц [15-20].

В результате воздействия кратковременных электрических разрядов в воде образовывались частицы электроэрозионного порошка различного размера [21-30].

Далее проводили сплавление электроэрозионной шихты в системе искрового плазменного сплавления SPS 25-10 «Thermal Technology» (США) при давлении 30 МПа, температуре 560 °С и времени выдержки 3 минуты.

Пористость электрокорунда исследовали с помощью оптического инвертированного микроскопа «OLYMPUS GX51» (Япония), оснащенного системой автоматизированного анализа изображений «SIMAGIS Photolab». Пористость образцов определяли металлографическим методом с элементами качественного и количественного анализов геометрии пор (стереоскопическая металлография).



Рисунок 1 – Блок-схема методики исследования пористости сплавов

Использование приемов стереоскопической металлографии позволило вычислить удельную поверхность крупных пор, число сферических пор в единице объема, среднее расстояние между порами, средний реальный диаметр сферических пор и др.

Блок-схема методики исследования пористости сплавов представлена на рисунке 1.

Результаты исследования пористости электрокорунда, спеченного из диспергированных отходов алюминия марки АД0Е, представлены на рисунке 2.

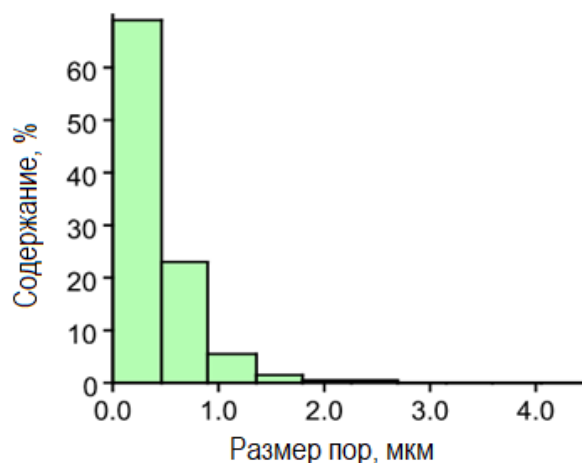


Рисунок 2 – Гистограмма распределения пор по размеру

Экспериментально установлено, что новые сплавы, полученные искровым плазменным сплавлением электроэрозионной шихты, имеют пористость порядка 0,5 %. Практически беспористая структура функциональных сплавов объясняется наличием в электроэрозионной шихте частиц разных фракций, обеспечивающих их плотную упаковку и так называемого «эффекта плазмы искрового разряда» при искровом плазменном сплавлении

*Список литературы*

1. Утилизация отходов алюминия / Яковец Ю.С. // Юный ученый. 2020. № 11 (41). С. 46-49.
2. Бесфлюсовая плавка отходов алюминия - путь к безотходной технологии / Трибушевский Л.В., Немененок Б.М., Румянцева Г.А. // Металлургия машиностроения. 2020. № 2. С. 2-4.
3. Использование отходов производства алюминия в различных отраслях промышленности / Иванков С.И., Троицкий А.В. // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2020. № 3. С. 27-37.
4. Анализ характеристик износостойкости спеченных изделий из электроэрозионного порошка стали X13, полученного в бутиловом спирте / Хардигов С.В., Агеева Е.В., Агеева А.Е. // Современные материалы, техника и технологии. 2021. № 6 (39). С. 58-64.
5. Сравнительный рентгеноспектральный микроанализ медного порошка, полученного электроэрозионным диспергированием, и медного порошка ПМС-1 / Латыпов Р.А., Агеев Е.В., Агеева Е.В., Хорьякова Н.М. // Электрометаллургия. 2017. № 4. С. 36-39.

6. Оценка износостойкости электроискровых покрытий, полученных с использованием электроэрозионных порошков быстрорежущей стали / Агеева Е.В., Латыпов Р.А., Агеев Е.В., Алтухов А.Ю., Карпенко В.Ю. // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2015. № 1. С. 71-76.
7. X-ray analysis of the powder of micro- and nanometer fractions, obtained from wastes of alloy T15K6 in aqueous medium / Ageeva E.V., Ageev E.V., Pikalov S.V., Vorobiev E.A., Novikov A.N. // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7. № 4. С. 04058.
8. Электроэрозионные порошки микро- и нанометрических фракций для производства твердых сплавов / Латыпов Р.А., Агеева Е.В., Кругляков О.В., Латыпова Г.Р. // Электрометаллургия. 2016. № 1. С. 16-20.
9. Elemental composition of the powder particles produced by electric discharge dispersion of the wastes of a VK8 hard alloy / Latypov R.A., Latypova G.R., Ageev E.V., Altukhov A.Y., Ageeva E.V. // Russian Metallurgy (Metally). 2017. Т. 2017. № 12. С. 1083-1085.
10. Микроструктура и элементный состав порошков, полученных в условиях электроэрозионной металлургии отходов жаропрочного никелевого сплава ЖС6У в воде / Агеев Е.В., Поданов В.О., Агеева А.Е. // Металлург. 2022. № 5. С. 72-77.
11. Элементный состав высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых. сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок. Курск, 2021. С. 115-118.
12. Микроструктура высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Актуальные вопросы науки, нанотехнологий, производства. сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Курск, 2021. С. 207-210.
13. Фазовый состав высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Наука молодых - будущее России. сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Курск, 2021. С. 150-153.
14. Размерные характеристики частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава Х20Н80 в керосине / Бобков Е.А., Агеева А.Е., Агеева Е.В. // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 37-40.
15. Получение электрокорунда электродиспергированием алюминиевых отходов / Новиков Е.П., Поданов В.О., Агеева А.Е. // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 134-138.
16. Получение и исследование порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов электроэрозионным диспергированием / Агеев Е.В., Латыпов Р.А., Агеева Е.В., Давыдов А.А. // Курск, 2013. 200 с.
17. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А., Бобрышев Р.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 234-237.
18. Исследование влияния электрических параметров установки на процесс порошкообразования при электроэрозионном диспергировании отходов твердого сплава / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 238-240.

19. Особенности технологии восстановления шеек коленчатых валов двигателей камаз-740 с использованием твердосплавных порошков / Агеев Е.В., Сальков М.Е. // Технология металлов. 2008. № 3. С. 41-46.
20. Изучение строения и свойств твердосплавных электроэрозионных порошков, используемых для восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Агеев Е.В., Агеева Е.В., Давыдов А.А., Бондарев С.А., Новиков Е.П., Молодкин А.Ю. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С. 69-72.
21. Определение основных закономерностей процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Агеева Е.В., Чернов А.С., Маслов Г.С., Паршина Е.И. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 1 (46). С. 085-090.
22. Изучение формы и элементного состава порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в водной среде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 4 (112). С. 14-17.
23. Исследование алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде / Латыпов Р.А., Агеев Е.В., Агеева Е.В., Новиков Е.П. / Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 4. С. 19-22.
24. Морфология и элементный состав медных электроэрозионных порошков, пригодных к спеканию / Агеева Е.В., Хорьякова Н.М., Агеев Е.В. // Вестник машиностроения. 2014. № 10. С. 66-68.
25. Структура и свойства спеченных образцов из электроэрозионных хромсодержащих порошков, полученных в бутиловом спирте / Агеева Е.В., Хардилов С.В., Агеева А.Е. // Современные материалы, техника и технологии. 2021. № 6 (39). С. 4-11.
26. Порошковая шарикоподшипниковая сталь, полученная диспергированием в керосине/ Агеева Е.В., Ивахненко А.Г., Куц В.В., Хардилов С.В.// Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). с. 10-15
27. Строение и свойства порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки шх15 методом ЭЭД в воде дистиллированной/ Ивахненко А.Г., Агеева Е.В., Куц В.В., Хардилов С.В. // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). с. 28-33
28. Строение и свойства порошковой быстрорежущей стали, полученной электроэрозионным диспергированием в воде/ Куц В.В., Ивахненко А.Г., Агеева Е.В. // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). с. 50-54
29. К вопросу о переработке алюминиевых отходов электроэрозионным диспергированием/ Новиков Е.П., Агеев Е.В., Сытченко А.Д.// Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 1 (1). С. 169-172.
30. О возможности переработки отходов шарикоподшипниковой стали методом электроэрозионного диспергирования/ Хардилов С.В., Агеев Е.В., Зубарев М.А.// Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 1 (1). С. 211-214.

**Novikov Evgeny Petrovich**, Ph.D., S.N.S.

**Kruglyakov Oleg Viktorovich**, Ph.D., Associate Professor

**Ageeva Anna Evgenievna**, student

Southwest State University, Kursk, Russia

#### **POROSITY OF ELECTROCORUNDUM SINTERED FROM DISPERSED WASTE ALUMINUM GRADE AD0E\***

*The results of a study of the porosity of electrocorundum sintered from dispersed aluminum waste of the AD0E brand are presented. It has been experimentally established that the*

*electrocorundum obtained by spark plasma fusion of an electroerosion charge has a porosity of about 0.5%.*

*\*The work was supported by a grant from the President of the Russian Federation (МК-2539.2022.4).*

*Key words: AD0E grade aluminum waste, electroerosive dispersion, water, powder, spark plasma sintering, porosity.*

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

*Одинец Михаил Михайлович, студент*

*Коняев Николай Васильевич, к.т.н., доцент*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с эксплуатацией погружных центробежных насосов. Дано краткое описание и устройство. Приведена статистика отказов погружных насосов в сельскохозяйственном производстве.*

*Ключевые слова: производство, насос, скважина, напор, надежность.*

На сегодняшний день одной из главных задач АПК является достаточное производство качественной и конкурентоспособной продукции. Эта задача может быть реализована при применении современного оборудования и технологий производства сельскохозяйственной продукции. Использование современного оборудования, а также модернизация и совершенствование конструкций существующего оборудования станет основой для повышения эффективности труда в АПК. Одним из незаменимых продуктов питания является продукция сектора животноводства. Большинство технологических процессов в животноводстве обладают повышенной энергоемкостью и трудоемкостью. В настоящее время уже есть ряд модернизаций и улучшений машин и оборудования, занятого в технологических линиях, таких, как поение [1,2], обогрев животных [3], освещение [4, 5, 6], уборки и транспортировка из помещения навоза [7, 8]. Большое значение для сельского населения и большинства технологических операций и процессов в сельскохозяйственном производстве имеет правильное и бесперебойное водоснабжение. Оно во многом зависит от правильности выбора оборудования и его полной или частичной автоматизации.

В качестве водоподъемного оборудования наибольшее распространение получили центробежные погружные насосы разных типоразмеров.

Погружные насосы обладают целым рядом преимуществ по сравнению с поверхностными насосными станциями, предназначенными для водоподъема из буровых скважин. Это, прежде всего, значительно более высокий КПД (50-55%), малая металлоемкость, отказ от строительства специальных насосных помещений.

Основной рабочий узел в центробежных погружных насосах - это колесо. Для перемещения перекачиваемой жидкости на внешней поверхности колеса закреплены лопатки. При вращении колеса за счет лопаток возникает центробежная сила, которая действует на жидкость и тем самым выталкивает ее через напорный патрубок. Когда жидкость отлетает к стенкам рабочей камеры насоса, то в центре возникает падение давления и появляется разрежение воздуха, в результате чего происходит подсос новой порции жидкости через приемный патрубок.

Технические характеристики погружных центробежных насосов для скважин можно значительно улучшить, если оснастить основной рабочий орган выполнить из нескольких рабочих колес. Колеса необходимо расположить последовательно на одном валу. В этом случае напор, образуемый насосом, складывается из суммы отдельных напоров, которые образуются в отдельности от каждого колеса.

Подъем и спуск погружных насосов - трудоемкая и продолжительная операция, поэтому профилактические работы в процессе эксплуатации не производятся, чем объясняется их высокая аварийность.

Таким образом, вопросы повышения эксплуатационной надежности погружных насосов имеют особое значение, в связи, с чем необходимо уделять внимание вопросам развития методов и средств, продлевающих их срок службы.

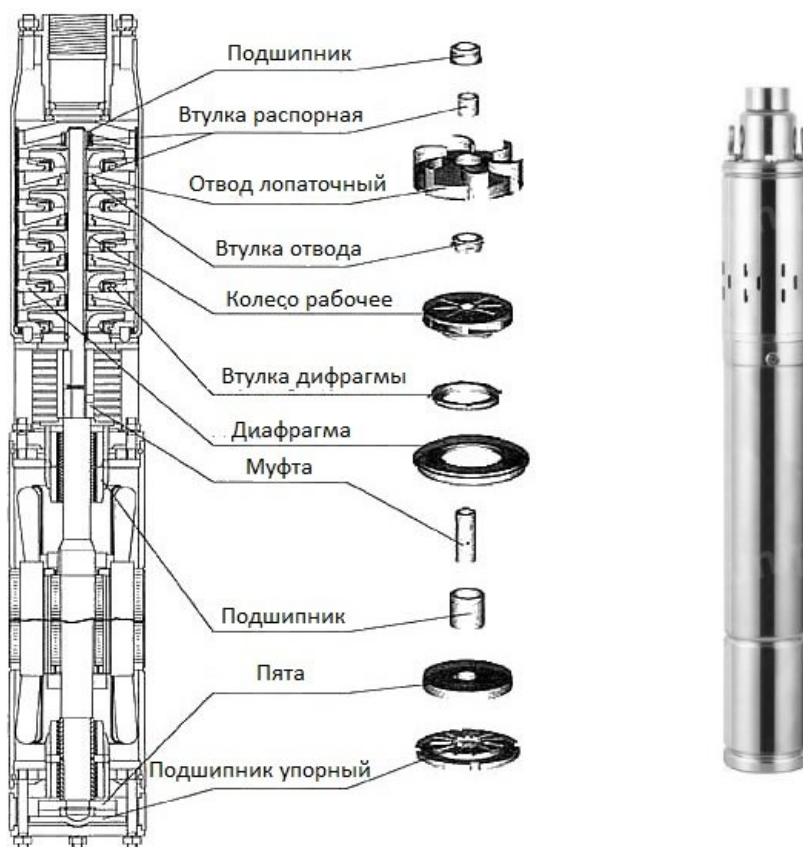


Рисунок 1 – Общий вид и устройство погружных центробежных насосов

Статистика отказов погружных насосов в сельскохозяйственном производстве приведена на рисунке.

Отказы, связанные с нарушениями правил эксплуатации, составляют 22,1%. При надежной защите от аварийных режимов долю эксплуатационных отказов можно существенно уменьшить.



Рисунок 2 – Статистика отказов погружных насосов

Наибольшую долю имеют отказы насоса (57%); из них основными причинами отказов являются износ рабочих колес и лопаток, направляющих и резинометаллических подшипников. Разрушение шпоночного соединения валов насоса и электродвигателя из-за механических перегрузок составляет 9,8% всех отказов насоса. Среди отказов электродвигателя наибольшую долю имеет выход из строя обмотки статора (58,6%) и подшипников (37,1%)

Все большее распространение получили погружные электродвигатели типа ПЭДВ мощностью 2...65 кВт. Конструктивно они существенно отличаются от электродвигателей единых серий. Основные отличия: обмотки выполняются специальным проводом, допускающим работу в воде; ротор имеет подшипники скольжения, смазываемые водой; корпус герметизирован и заполнен водой.

Техническое обслуживание таких установок производится 1 раз в месяц без подъема электродвигателя из скважины. При этом измеряется сопротивление изоляции обмотки статора относительно заземленных частей, измеряется ток электродвигателя амперметром или токоизмерительными клещами, контролируется напряжение, проверяется отсутствие повышенных вибраций и посторонних звуков при работе насоса. Если сопротивление изоляции ниже в 2...3 раза по сравнению с предыдущими измерениями или уменьшение его ниже 0,5 МОм свидетельствует о дефектах изоляции. Увеличение тока двигателя на 20... 25 % при номинальном напряжении указывает на износ деталей установки и необходимость ремонта.

Текущий ремонт погружных электродвигателей выполняется через 1...3 года в зависимости от продолжительности использования насоса в сутки. При этом проводится очистка корпуса, разборка электродвигателя и деф-

фектация узлов и деталей, в частности, определяется работоспособность обмотки. Обычно должны подвергаться восстановлению или замене отдельные детали, которые наиболее подвергаются изнашиванию: выводные провода; места соединения обмотки с кабелем; поврежденные или ослабленные пазовые клинья, датчик контроля технического состояния. Выполняются шлифовка и полировка втулок подшипников. После восстановления или замены деталей и узлов электродвигатель собирается. После сборки на специальных стендах проводятся послеремонтные испытания.

Очевидно, что правильная эксплуатация и своевременное и полное техническое обслуживание будет способствовать надежной работе погружных насосов, а следовательно и всей линии получения воды и поения животных.

#### *Список литературы*

1. Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. Модернизированная система поения животных / Электрика. 2015. №9. С.37-40.
2. Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Кошелев А.С., Кащенко С.В. Совершенствование системы поения животных / Региональный вестник. 2017. №1(6). С.10-12.
3. Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. Модернизированная система обогрева // Электрика. 2015. №9. С.33-36.
4. Коняев Н.В., Коняева Н.И. Универсальная осветительная установка // В сборнике: Аграрная наука-сельскому хозяйству: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Курск, 2009. С.70-72.
5. Блинков Б.С., Коняев Н.В., Назаренко Ю.В. Новое в освещении коровников // В сборнике: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного университета имени императора Петра I. – Воронеж, 2015. С.37-40.
6. Коняев Н.В., Внуков С.С. Универсальная осветительная установка // В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве: материалы Международной научно-практической конференции. Курск, 2015. С.49-50.
7. Коняев Н.В., Прилуцкий И.А., Назаренко Ю.В., Блинков Б.С. Модернизация привода транспортера // В сборнике: Оптимизация электротехнологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Ярославль 2-3 ноября 2016г. Ярославль, 2016. С.19-24.
8. Коняев Н.В., Перцев Д.В. Энергосберегающие технологии в процессах уборки навоза для животноводческих помещений / Региональный вестник. 2018. №3 (12). С.2- 4.
9. Безбабных О.В., Свиначев Д.В., Коняев Н.В. К автоматизации управления и защиты глубинных насосов // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2020. материалы X Международной молодежной научной конференции. 2020. С. 320-324.
10. Обоснование конструкции светильника для компактных люминесцентных ламп/ Коняев Н.В., Ивашура А.С.// В сборнике: Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса. материалы международной научно-практической конференции. 2008. С. 17-19.
11. Обоснование использования альтернативного электроснабжения на примере малых гидроэлектростанций/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Степашов Р.В.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 339-344.

12. Обоснование применения энергосберегающих технологий для систем освещения в коровниках/ Коняев Н.В., Фирсов В.С., Блинков Б.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 171-175.

13. Перспективы энергосбережения в микроклимате животноводческих помещений/ Коняев Н.В., Еремин Д.А., Вайцеховский Д.Е.// Региональный вестник. 2018. № 2 (11). С. 17-20.

14. Светодиодная облучательная установка/ Назаренко Ю.В., Коняев Н.В., Блинков Б.С., Степашов Р.В.// Региональный вестник. 2015. № 1. С. 46-47.

*Odinets Mikhail Mikhailovich, student*

*Konyaev Nikolay Vasilyevich, Cand.Tech.Sci., associate professor*

*Kursk State Agricultural Academy, Kursk, Russia*

#### **FEATURES OF OPERATION OF SUBMERSIBLE CENTRIFUGAL PUMPS**

**Abstract.** *The article discusses issues related to the operation of submersible centrifugal pumps. A brief description and device are given. The statistics of failures of submersible pumps in agricultural production are given.*

**Keywords:** *production, pump, well, pressure, reliability.*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

*Онищенко Илона Витальевна, студент*

*(onishenko03@list.ru)*

*Донской государственной технической университет*

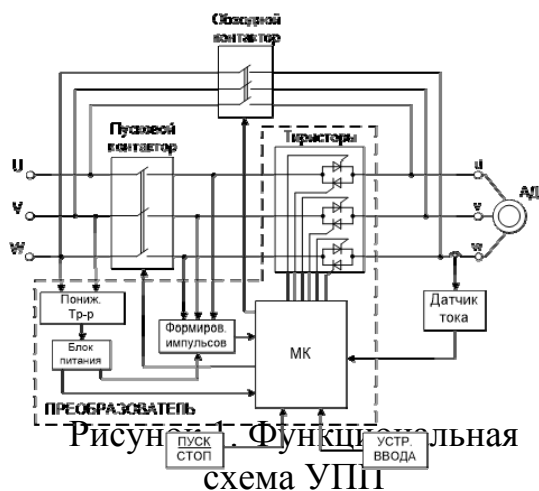
*В работе рассмотрен принцип построения устройства плавного пуска асинхронного электропривода с короткозамкнутым ротором. Показана схема формирователя синхроимпульсов, тиристорного преобразователя. Рассмотрен метод фазоимпульсного управления трехфазным тиристорным преобразователем, представлены результаты имитационного моделирования*

*Ключевые слова: асинхронный электропривод; устройство плавного пуска; тиристорный преобразователь.*

В настоящее время асинхронные электродвигатели находят широкое применение в качестве приводов промышленных вентиляторов, компрессоров, насосов, ленточных конвейеров, дробилок, мельниц. С целью ограничения токов в обмотках электроприводов и устранения динамических перегрузок механизма при пуске, схема электрооборудования дополняется специальным пускателем, в качестве которого используют частотный преобразователь, либо тиристорное устройство плавного пуска (УПП).

В отличие от частотного преобразователя УПП не изменяет частоту питания обмоток электродвигателя, а с течением времени плавно повышает напряжение от начального до полного значения. Это позволяет существенно снизить нагрузку на питающую сеть, а также механические воздействия на детали оборудования в момент пуска.

Функциональная схема УПП показана на рисунке 1.



Как видно из схемы, УПП состоит из тиристорного преобразователя, контакторов (пускового и обходного), датчика тока, устройства ввода, кнопки пуск/стоп. Преобразователь включает в себя понижающий трансформатор, блок питания, формирователь импульсов синхронизации, силовые тиристоры [1, с. 78] и микроконтроллер.

Управление тиристорами преобразователя УПП осуществляет микроконтроллер. После подачи команды «ПУСК» микроконтроллер включает пусковой контактор и по заданным параметрам пуска плавно открывает тиристоры, по завершению пуска электродвигателя включает шунтирующий (обходной) контактор, закрывает тиристоры, отключает пусковой контактор.

Известны 3 способа управления тиристорами: амплитудный, фазовый и широтно-импульсный [2, с. 67]. При фазовом управлении требуется сигнал синхронизации, фаза которого однозначно определяет фазу сигнала питающей сети. Для решения данной задачи с использованием доступной элементной базы разработана схема узла формирователя синхроимпульсов, приведенная на рисунке 2. Схема содержит 3 независимых канала, включенных под линейное напряжение питающей сети. Каждый канал формирует 2 взаимно ортогональных синхроимпульса прямоугольной формы величиной 12 Вольт.

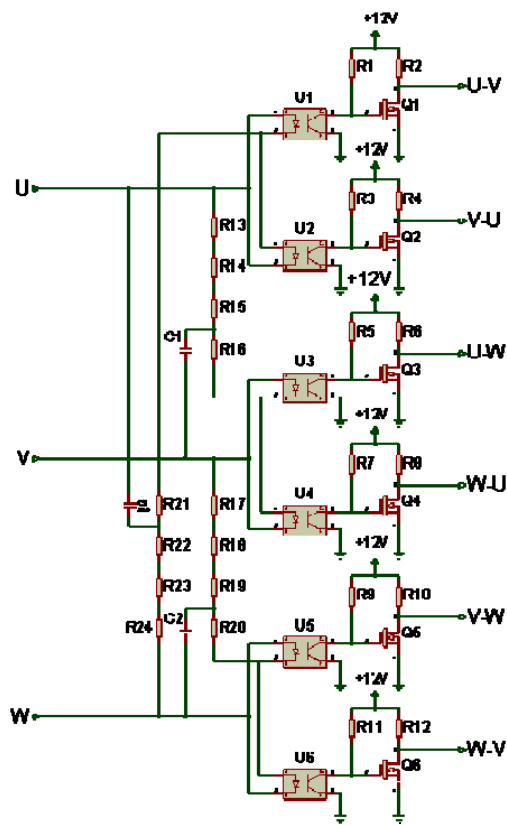


Рисунок 2. Принципиальная схема формирователя синхроимпульсов

Содержит 3 независимых канала, включенных под линейное напряжение питающей сети. Каждый канал формирует 2 взаимно ортогональных синхроимпульса прямоугольной формы величиной 12 Вольт.

Фронты синхронизирующих импульсов соответствуют началу отчета фазового угла линейного напряжения. Каждый канал содержит: элементы гальваноразвязки, реализованные на микросхемах HCNW139, повторители на полевых транзисторах 2N7002, а также мощные токоограничивающие резисторы в цепи линейных напряжений.

Для исследования схемы формирователя синхроимпульсов, а также выбора режима ее работы произведено моделирование с использованием Proteus 8.0. Результаты моделирования схемы представлены на рисунке 3. Представ-

ленные на рисунке 3. Представ-

ленные на рисунке 3. Представ-

ленный результат моделирования отражает временные зависимости линейного напряжения между фазами U, W (верхняя кривая), прямого синхроимпульса на стоке транзистора Q1 и инверсного синхроимпульса, измеренного на стоке полевого транзистора Q2.

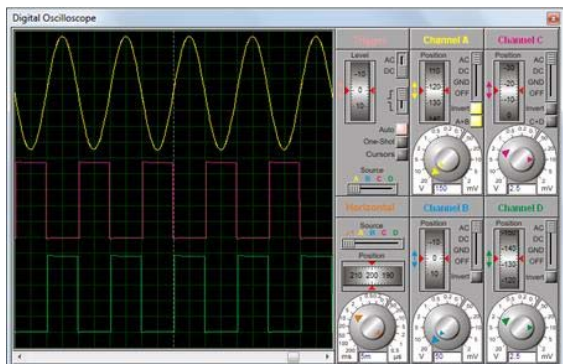


Рисунок 3. Принципиальная схема формирователя синхроимпульсов

Масштаб по оси времени выбран равным 5 мс на клетку, по оси напряжения для верхней кривой – 150 В на клетку, для выходных импульсов – 2 В на клетку.

Для реализации метода фазового необходимо строго соблюдать очередность открытия каждого из шести тиристоров во времени с привязкой к синхроимпульсам. Анализ литературных источников показал отсутствие требуемых диаграмм управления. Подобные решения касаются в основном

управления трехфазными выпрямителями и непригодны для питания систем асинхронного электропривода.

Разработанные диаграммы управления тиристорами показаны на рисунке 4. Слева показана схема включения тиристоров VT1-VT6. Элементы UV, UW, VW являются нагрузкой, соединены в треугольник.

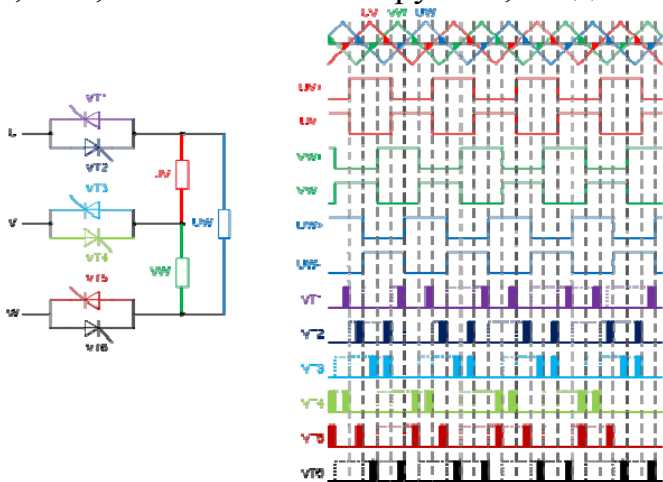


Рисунок 4. Диаграммы управления тиристорами УПП

К каждому из элементов нагрузки UV, UW, VW может быть приложено линейное (межфазное) напряжение сети. Фазы питающей сети обозначены через U, V, W. При положительной полуволне сетевого напряжения на фазе U относительно фазы V в некоторый момент времени (соответствующий углу открытия) отпираются тиристоры VT2 и VT3, обеспечивая прямое протекание тока через нагрузку UV. Далее с течением времени возрастает потенциал на фазе W относительно фазы U, отпираются тиристоры VT6 и VT1, что обеспечивает обратное протекание тока через нагрузку UW. Далее с течением времени возрастает потенциал на фазе V относительно фазы W, отпираются тиристоры VT4 и VT5, обеспечивая прямое протекание тока через нагрузку VW. Затем потенциал возрастает на фазе V относительно фазы U, управляющие импульсы отпирают тиристоры VT4 и VT1, обеспечивая протекание обратного тока через на-

К каждому из элементов нагрузки UV, UW, VW может быть приложено линейное (межфазное) напряжение сети. Фазы питающей сети обозначены через U, V, W.

При положительной полуволне сетевого напряжения на фазе U относительно фазы V в некоторый момент времени (соответствующий углу открытия) отпираются тиристоры VT2 и VT3, обеспечивая прямое протекание тока через нагрузку UV. Далее с течением времени возрастает потенциал на фазе W относительно фазы U, отпираются тиристоры VT6 и VT1, что обеспечивает обратное протекание тока через нагрузку UW. Далее с течением времени возрастает потенциал на фазе V относительно фазы W, отпираются тиристоры VT4 и VT5, обеспечивая прямое протекание тока через нагрузку VW. Затем потенциал возрастает на фазе V относительно фазы U, управляющие импульсы отпирают тиристоры VT4 и VT1, обеспечивая протекание обратного тока через на-

грузку UV. Далее с течением времени возрастает потенциал на фазе U относительно фазы W, микроконтроллер отпирает тиристоры VT2 и VT5, обеспечивая тем самым протекание прямого тока через нагрузку UW. При положительной полуволне сетевого напряжения на фазе W относительно фазы V отпираются тиристоры VT3 и VT6, обеспечивая обратное протекание тока через нагрузку VW. После чего цикл поочередного открытия тиристоров периодически повторяется, а моменты времени, в течение которых тиристоры удерживаются в открытом состоянии, увеличиваются.

Моделирование работы тиристорного преобразователя с фазовым управлением удобно проводить в пакете SimPowerSystems, который содержит набор блоков для построения виртуальных моделей электротехнических устройств и устройств силовой электроники. На рисунке 5 показан результат моделирования, отражающий временную зависимость напряжения и тока в нагрузке при угле открытия  $130^\circ$ .

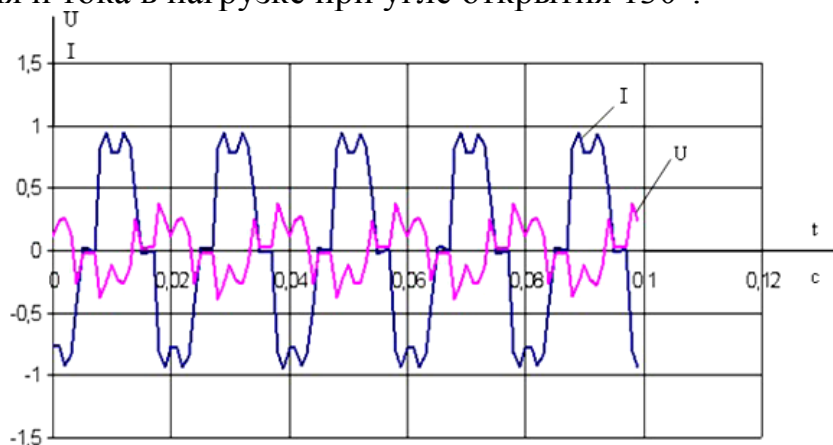


Рисунок 5. Графики напряжения и тока при угле  $130^\circ$

Из графиков на рисунке 5 видно, что форма тока на напряжение не синусоидальная вследствие не полностью открытых тиристоров, характер нагрузки индуктивный, ток опережает напряжение.

#### Список литературы

1. Лепанов М.Г., Розанов Ю.К. Силовая электроника: учеб. и практикум для академич. бакалавриата: Юрайт, 2017. — 207 с.
2. Петров Л. Тиристорные преобразователи напряжения для асинхронного электропривода: техн. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1986. — 200 с.

**Onishchenko Ilona Vitalievna**, student

(onishchenko03@list.ru)

Don State Technical University

#### INVESTIGATION OF A THYRISTOR CONVERTER OF A SOFT-START DEVICE OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

*The paper considers the principle of constructing a soft-start device for an asynchronous electric drive with a short-circuited rotor. The scheme of the synchro pulse shaper, thyristor converter is shown. The method of phase-pulse control of a three-phase thyristor converter is considered, the results of simulation modeling are presented*

*Keywords: asynchronous electric drive; soft start device; thyristor converter.*

## МАГНИТОПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

*Онищенко Илона Витальевна, студент  
(onishenko03@list.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В статье рассматриваются основные способы расширения частотного диапазона в источниках питания электротехнологических установок индукционного нагрева. Предложен оригинальный способ кратного увеличения выходной частоты инвертирующего модуля.*

*Ключевые слова: инвертор; умножение частоты; ферромагнитный преобразователь частоты.*

Для источников питания электротехнологических установок индукционного нагрева (ЭТУИН) важной является возможность расширения рабочих частот. Необходимость такого увеличения кроется как в получении выходных частот для двухчастотного нагрева, так и в снижении коммутационной нагрузки на полупроводниковые ключи инвертора.

Расширение рабочих частот инвертора достигается применением оригинальных схемных решений (Рисунок 1).

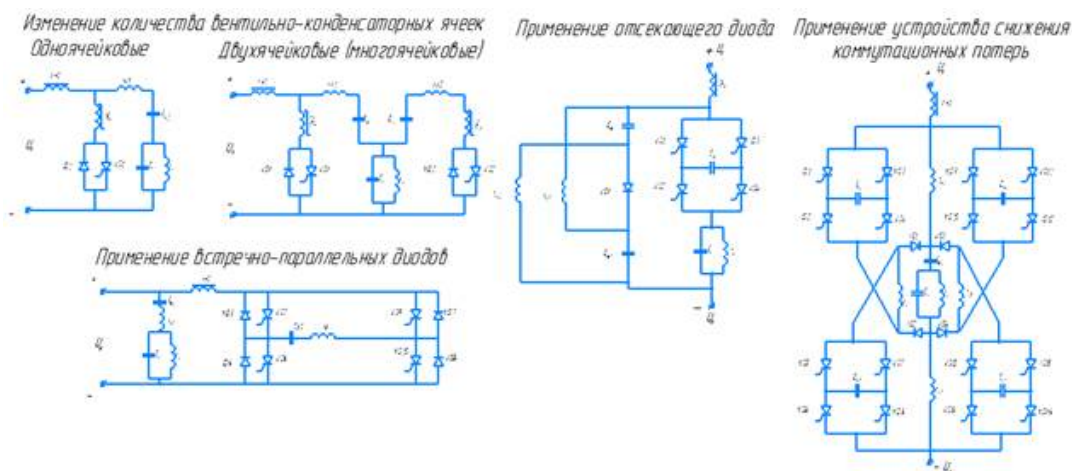


Рисунок 1. Способы расширения частотного диапазона

Чаще всего в технической литературе встречаются следующие способы [1]:

- увеличение количества вентильно-конденсаторных ячеек;
- использование схем с отсекающим диодом;
- использование схем со встречно-параллельными диодами;
- совместная работа многофункционального трансформатора и полупроводникового инвертора.

При этом последний способ примечателен тем, что может быть совместим с большинством вышеупомянутых схем инверторов. В источнике питания ЭТУИН, основу которого представляет резонансный мостовой инвертор, реализована схема каскадного включения с ферромагнитным преобразователем частоты (ФПЧ) (рисунок 2). Для такой схемы работы требуется поддерживать параметры и режим работы, обеспечивая условие [2]:

$$U_{\text{доп}} > \frac{I_m \sin \omega t \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} \cdot e^{-\delta \omega t} (2\pi - \omega t - \alpha)}{\sqrt{2} \sin \alpha} \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_{\text{доп}}}{\partial t} > \frac{I_m \sin \omega t \cdot e^{-\delta \omega t} (2\pi - \omega t - \alpha)}{\sqrt{2} C_2 \sin \alpha} \quad (2)$$

где  $U_{\text{доп}}$  – максимальное допустимое напряжение на тиристоре;

$\frac{\partial U_{\text{доп}}}{\partial t}$  – максимально допустимая скорость нарастания напряжения на тиристоре в прямом направлении;

$I_m$  – максимальный ток тиристора в прямом направлении;

$\omega$  – угол отпирания встречно-параллельных диодов;

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{1}{L_2 C_2}\right) - \left(\frac{R_H^2}{4L_2^2}\right)};$$

$C_2$  – ёмкость конденсатора коммутирующей цепи;

$L_2 = L_H - L_1$  – суммарная индуктивность защитного  $L_1$  и коммутирующего  $L_H$  дросселей;

$t_2$  – время от перехода прямого тока диода через нуль и до обрыва обратного тока;

$\alpha$  – угол, при котором ток тиристора максимальный;

$C_2$  – ёмкость конденсатора демпфирующей защитной RC-цепочки;  $\delta = R_H / 2L_2$ ;

$R_H$  – сопротивление в нагрузке.

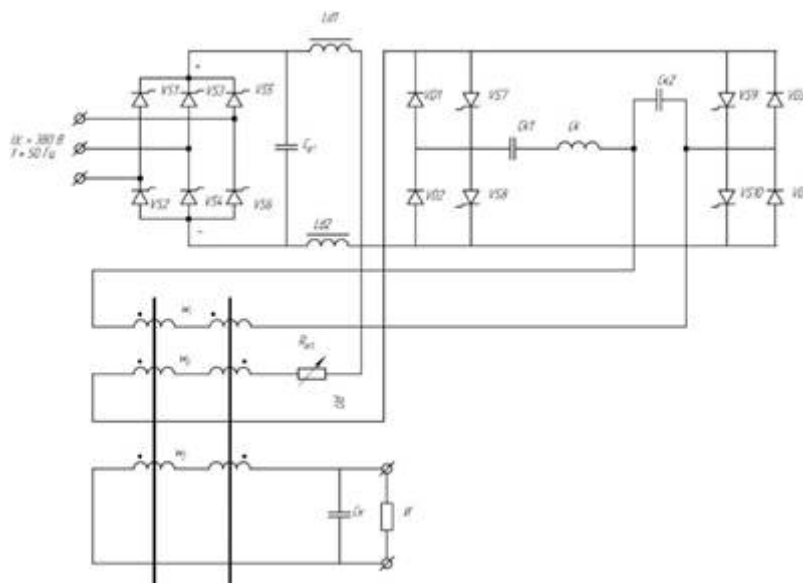


Рисунок 2 Совместная работа полупроводникового преобразователя частоты и ФПЧ

Тождественные схеме на рисунке 2, но более сложные по конструкции представлены источники питания с ФПЧ в работе [3], где два мостовых резонансных инвертора работают на учетверитель частоты. При этом конструкция ФПЧ включает в себя два удвоителя частоты с обмотками, соединенными как показано на рисунке 3.

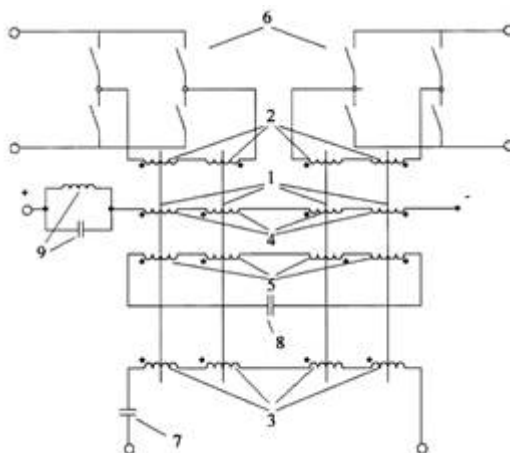


Рисунок 3. Полупроводниковый источник питания ЭТУИН 1 – магнитопроводы; 2 – первичная обмотка; 3– вторичная обмотка; 4– обмотка подмагничивания; 5 – обмотка самоподмагничивания; 6 – инверторы; 7 – конденсатор продольной компенсации; 8 – конденсатор цепи самоподмагничивания; 9 – фильтр-пробка

Таким образом, разработки, связанные с расширением частотного диапазона в источниках питания ЭТУИН являются востребованными в науке и промышленности. При этом развитие научных исследований активно идет как в направлении совершенствования инверторов, так и в направлении улучшения характеристик ФПЧ. При этом перспективным для источ-

ников питания ЭТУИН видится совместная работа полупроводниковых и ферромагнитных преобразователей частоты.

*Список литературы*

1. Дзлиев С.В. Принципы построения систем питания установок индукционной закалки зубчатых колес при двухчастотном на греве // Actual Problem Induction Heating 05: Матер. Междунар. конф. – СПб.: Издво СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005. – С. 193–201.

2. Колесниченко А.Ф. Технологические МГД установки и процессы. Киев: Наукова думка, 1980.

3. Рогинская Л.Э., Исмагилов Р.Р., Латыпов А.Р. Умножитель частоты с расширенным частотным диапазоном // Патент России №161623. 2016. Бюл. №12

*Onishchenko Ilona Vitalievna, student*

*Don State Technical University*

### **MAGNETIC SEMI-CONDUCTOR FREQUENCY MULTIPLIERS AS A WAY TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLIES**

*The article discusses the main ways to expand the frequency range in the power sources of induction heating electrotechnological installations. An original method of multiplying the output frequency of the inverting module is proposed.*

*Keywords: inverter; frequency multiplication; ferromagnetic frequency converter.*

## **НАДЁЖНОСТЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

*Онищенко Илона Витальевна, студент*

*(onishenko03@list.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В статье рассматриваются функциональная надёжность микропроцессорных устройств релейной защиты, статистические данные об отказах устройств.*

*Ключевые слова: микропроцессорные устройства релейной защиты, функциональная надёжность, показатели надёжности.*

Какой бы надёжностью не обладала электроэнергетическая система, со временем в ней начинают возникать различные повреждения и нарушения нормальных режимов работы, что может привести к аварийным ситуациям. При дефиците времени и важности оперативного принятия соответствующих мер в случае аварии желательно, чтобы управление осуществлялось в автоматическом режиме. Для этого используются специальные устройства релейной защиты и автоматика (РЗА).

К релейной защите относится огромный управляющий комплекс, который представляет собой согласованно и целенаправленно действующие, взаимосвязанные элементы и автоматические выключатели. Такие комплексы охватывают большинство основных элементов электроэнергетических систем, от генераторных установок до приёмников электроэнергии.

Основные требования, которые предъявляют к системам РЗА – возможность масштабирования, чувствительность датчиков, высокий уровень надёжности, моментальное реагирование.

В течение последних двух десятилетий в сфере электроэнергетики наблюдается стремительный переход от электромеханической релейной защиты к микропроцессорной. Причём данная тенденция касается как только строящихся энергетических объектов, так и уже существующих подстанций, которые были построены десятки лет назад, когда микропроцессорные устройства ещё не обрели широкого распространения. Замена старых реле защиты электромеханического типа обусловлена многочисленными преимуществами микропроцессорных комплексов перед микроэлектронными.

Существуют различные виды микропроцессорных систем РЗА, которые имеют многие общие параметры, в том числе тип структурных схем. Как правило, микропроцессор – это центральный узел цифровых устройств, который посредством интерфейсов ввода-вывода осуществляет обмен данными с периферийными приборами. Последние дополнительные узлы осуществляют сопряжение микропроцессоров с внешней рабочей средой в виде датчиков исходной информации, объектами управления, операторами и пр.

Практически все операции по обработке информации в цифровых защитных устройствах осуществляется микропроцессором по определённым алгоритмам, реализованным в виде программного обеспечения. Центральный процессор отвечает за управление и подачу сигналов (команд) на тот или иной узел защитного комплекса.

Именно поэтому помимо процессора любая система РЗА оснащается другими основными узлами, в частности, внешними запоминающими устройствами для хранения выполняемой программы. В микропроцессорной РЗА основные программы обычно записывают в постоянные запоминающие устройства (ПЗУ), а переменные и промежуточные данные хранятся в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ).

К обязательным элементам микропроцессорных устройств РЗА также можно отнести: преобразователи сигналов; аналого-цифровые преобразователи; дисплей, клавиатура; блоки питания; разъёмы связи.

Показатели надёжности микропроцессорных систем РЗА

Одно из важнейших требований, которые предъявляют к комплексам релейной защиты и автоматики – надёжность. Данное свойство показывает правильность и безотказность работы систем при различных повреждениях и ненормальных режимах, для защиты при которых и предназначены конкретные устройства. Благодаря уникальным алгоритмам некоторые РЗА могут срабатывать даже при поломках и нарушениях нормальных режимов функционирования, для которых они не предназначены. Если говорить коротко, то надёжность характеризует способности систем релейной защиты выполнять поставленные задачи при эксплуатации, ремонте, хранении и транспортировке.

К основным показателям надёжности можно отнести время безотказного функционирования и степень интенсивности отказов (число отказов за определённый временной промежуток).

К работе комплексов РЗА предъявляют ряд требований:

если система работает без аварий, защитные устройства должны находиться в режиме ожидания;

если повреждения произошли за границами зоны действия, РЗА должна находиться в состоянии готовности;

если на защищаемых объектах происходят какие-либо повреждения, защитный комплекс должен мгновенно срабатывать для минимизации негативных последствий (вплоть до порчи имущества и гибели людей).

В некоторых случаях вышеперечисленные требования могут быть нарушены – в таких ситуациях защита даёт отказ в функционировании (обычно это случается из-за фактора случайности или неопределённости в работе комплекса РЗА). Среди наиболее распространённых причин отказов можно выделить: ложное срабатывание (если аварий в системе нет); излишнее срабатывание (когда имеются повреждения за пределами действия релейной защиты); отказ срабатывания (если имеются повреждения на защищаемых объектах).

Случайность или неопределённость в работе РЗА может проявляться из-за различных факторов, которые подразделяются на два вида: те, которые проявляются при полной исправности и правильной настройке защиты; те, которые возникают из-за неисправности или некорректной настройки.

Если релейная защита действует не по заданному алгоритму, требуется как можно скорее определить причины подобных нарушений. Зачастую отказ в функционировании РЗА возникает в трёх ситуациях:

при низком техническом совершенстве: здесь речь идёт о неблагоприятном сочетании событий, для которых система в принципе не предназначена; при ошибках проектировщиков, операторов; при возникновении неисправностей в схемах защиты.

Отказы в функционировании РЗА по причине ошибок

Большинство современных микропроцессорных устройств РЗА представляет собой систему, состоящую из аппаратной и программной части. Особенность аппаратной части защиты – распределённые во времени этапы, которые могут иметь различную интенсивность отказов.

На стадии приработки интенсивность отказов повышена для каждой части защитной системы. В дальнейшем при отказах элементов РЗА, которые не смогли выдержать приработку, при нормальном функционировании аппаратная интенсивность отказов стабилизируется. На стадии старения вследствие естественного временного износа устройств наблюдается существенное повышение интенсивности отказов.

Рассматривая отказы, причиной которых становится недостаточная программная надёжность, можно заметить тенденцию, что погрешности в работе программной части микропроцессорных устройств часто возникают

при определённом наборе входных данных, которые не предусмотрены при проектировании. Данные ошибки называют неявными. В таких случаях вероятность ошибок определяется вероятностью возникновения непредусмотренных наборов входных данных (инициирующее событие) и количеством неявных погрешностей.

Также не стоит исключать ошибки в кодировании, которые считаются явными. В данном случае огрехи будут постоянно возникать во время запуска программных модулей. Вероятность неправильного срабатывания программной части РЗА из-за явных ошибок зависит от их числа и частоты запуска модулей, несущих в себе конкретные огрехи.

Исправность надёжности программной части также зависит от человеческого фактора. При разработке программного обеспечения данный компонент надёжности определяется на этапе документирования. К сожалению, сегодня рабочая и техническая документация не всегда позволяет полноценно и точно отображать каждый аспект эксплуатации РЗА. Из-за этого также могут часто появляться ошибки. Конечно, они связаны не только с недочётами документации, но и со сложностью программного интерфейса, недостаточным уровнем обучения обслуживающего персонала и др.

Практика мировых и отечественных предприятий электроэнергетической системы свидетельствует о том, что в будущем устройства релейной защиты и автоматики на микропроцессорных комплексах будут обретать всё большую востребованность, поэтому вопрос надёжности данных устройств является одним из наиболее актуальных и важных. Чтобы повысить надёжность столь важных систем защиты как РЗА, требуется применять комплексный подход к разработке, изучать и минимизировать вероятность всевозможных факторов, снижающих эту надёжность.

#### *Список литературы*

1. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем: Учебное пособие для техникумов. М.: Энергоатомиздат, 1998. — 800 с.
2. Типкина А.П. Оценка программной надёжности микропроцессорных релейных защит // Наукоеведение, 2015. №2. С. 1
3. Булычев А.В., Наволочный А.А. Релейная защита в распределительных сетях: Пособие для практических расчётов. М.: ЭНАС, 2011. 208 с.

*Onishchenko Iлона Vitalievna, student  
Don State Technical University*

#### **RELIABILITY OF RELAY PROTECTION**

*The article discusses the functional reliability of microprocessor relay protection devices, statistical data on device failures.*

*Keywords: microprocessor relay protection devices, functional reliability, reliability indicators.*

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В СЛОЕ ГРАФИТОВОЙ ПАСТЫ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СТАЛИ ШХ15**

*Павлов Борис Вадимович, магистрант  
(e-mail: bor1152@yandex.ru)*

*Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., г.Саратов, Россия*

*В статье приведена методика и представлены результаты исследования влияния цементации стали ШХ 15 в слое графитовой пасты для получения упрочняющего слоя. Проведен экспериментальный анализ влияния режимов химико-термической обработки на изменение величины микротвердости поверхности.*

*Ключевые слова: сталь ШХ 15, токарная обработка, упрочнение, цементация, графитовая паста, микротвердость поверхности, структура, параметры шероховатости.*

### **Введение**

Для того, чтобы режущий инструмент можно было использовать для резания металла, необходимо приложить соответствующую силу при условии, что при достаточной прочности инструмента его твердость будет выше твердости обрабатываемого материала. Для этого применяют различные способы поверхностной обработки металлов и сплавов с нанесением функциональных покрытий, которые включают высокотвердые химические соединения – оксиды, нитриды, карбиды и др. компоненты [1-8].

При резании режущая часть металлорежущего инструмента, которая контактирует с обрабатываемым материалом, подвергается большим давлениям, нагреву и трению, что влечет за собой износ режущего инструмента, а иногда и его разрушение.

Предлагается изготовление режущей пластины из стали ШХ15 с упрочненным поверхностным слоем. Такой инструмент, возможно, сможет обрабатывать простые, не легированные стали. Шарикоподшипниковая сталь ШХ15 более доступна, чем твердосплавный материал и относительно дешевле его. Этот материал хорошо поддается закалке, приобретая высокую твердость. ШХ15 применяют в изготовлении ручного инструмента, где не подвергается большому нагреву обрабатываемый материал. Термостойкость у стали ШХ15 низкая до 200 °С, что ограничивает применение инструмента из нее для обработки с высокими скоростями резания. Указанную проблему возможно решить с помощью охлаждения зоны резания при использовании СОЖ, путем упрочнения поверхностного слоя режущей пластины. Упрочнение режущей кромки пластины предлагается осуществить способом химико-термической обработки, а именно цементацией в слое нанесенной графитовой пасты, служащей карбюризатором [8, 9].

Целью работы является исследование влияния режимов цементации образцов из стали ШХ15 на микротвердость поверхности.

#### Методика проведения эксперимента

Исследованию подвергались образцы из хромистой подшипниковой стали ШХ15, которая хорошо поддается заточке [10]. Образцы изготавливались токарной обработкой и имели цилиндрическую форму с диаметром 15 мм и длиной 3 мм. Торцовые поверхности образцов шлифовались наждачной бумагой. Образцы маркировались соответствующими цифро-буквенными обозначениями для проведения химико-термической обработки при различных режимах.

Очистка образцов выполнялась в ультразвуковой ванне «КРИСТАЛЛ-2,5». Установка предназначена для очистки изделий от жиров, масел, полировочных паст, остатков флюсов и паяльных материалов, других технологических загрязнений. На рис. 1 представлены подготовленные для дальнейшей обработки лабораторные образцы.



Рис. 1. Подготовка и нанесение графитовой пасты на образцы

В экспериментах использовалась муфельная печь СНОЛ-6/11 для термообработки (закалка, нагрев, отжиг) и проведения работ с различными материалами в воздушной среде до температуры 1150 °С.

Известно, что цементация может осуществляться с нанесением на науглероживаемую металлическую поверхность С-содержащих материалов в виде суспензии, обмазки или шликера, сушкой и последующим нагревом изделия ТВЧ или током промышленной частоты. Толщина слоя обмазочного состава при этом должна быть в 6-8 раз больше требуемой толщины цементованного слоя. Температуру цементации устанавливают в диапазоне 910-1050°С [11].

В лабораторных экспериментах для сравнения применялись два карбюризатора – графитовая паста и древесный уголь. Режимы обработки, задаваемые в эксперименте, приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Режимы химико-термической обработки для упрочнения поверхностного слоя образцов стали ШХ15

№	Технология обработки	Температура обработки, °С	Время выдержки, ч
16	С нанесением графитовой пасты, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	800	1
17	С нанесением графитовой пасты, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	800	2
18	С нанесением графитовой пасты, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	800	3
19	С нанесением графитовой пасты, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	800	4
20	С нанесением графитовой пасты, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	800	5
56	С нанесением графитовой пасты, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	910	4
54	С нанесением послойно сначала графитовой пасты, затем древесного угля, выдержкой в печи и последующим охлаждением на воздухе	910	4
55	Размещением в древесном угле, выдержке в печи и охлаждаем на воздухе	910	4

Пример размещения образцов в оснастке для проведения химико-термической обработки в муфельной печи представлен на рис. 2.




Рис. 2. Образцы после обработки в карбюризаторе и без него (контрольные образцы)

После обработки согласно приведенным в табл. 1 технологическим режимам образцы подвергались сравнительному анализу по изменению величины микротвёрдости. Кроме того, с помощью оптической микроскопии на микроскопе МБС-10М исследовалась структура поверхности образцов с определением ее равномерности и однородности структурных элементов.

Результаты исследования и их анализ

На стационарном микротвердомере ПМТ-3, предназначенном для измерения микротвердости поверхности образцов металлов и сплавов по методу Виккерса в соответствии с ГОСТ 2999-75 [3], определялись значения микротвердости обработанных образцов. Микротвердость измерялась по 7 точкам индентирования с определением среднеарифметического значения. В ходе измерений было выявлено, что образцы с графитовым карбюризатором имели близкие значения микротвердости на разных участках поверхности, что свидетельствует о равномерности науглероживания поверхностного слоя. При использовании древесного угля в качестве карбюризирующей среды наблюдалась неоднородность структуры поверхности и неравномерность значений микротвердости образцов. Следует отметить, что после проведения цементации в слое графитовой пасты на поверхности образцов формировался спеченный слой карбюризатора, который необходимо было удалять для возможности индентирования и выявления структурных изменений на поверхности. Удаление этого слоя проводилось путем травления и последующей ультразвуковой очистки в моющем растворе. Результаты проведенных экспериментальных исследований по измерению микротвердости представлены в табл. 2. Как видно из представленных экспериментальных результатов существенного изменения величины микротвердости для образцов, обработанных в различных карбюризаторах, не происходило даже при изменении температурных и временных режимов цементации. Не наблюдалось значительное повышение микротвердости относительно контрольного образца, что указывает на низкую эффективность науглероживания стали ШХ 15 при заданных в эксперименте режимах химико-термической обработки. На основании этих данных и анализа исследования микротвердости можно заключить, что цементацию шарикоподшипниковой стали необходимо проводить при более высоких температурах, превышающих  $950^{\circ}\text{C}$ , и повышенной продолжительности обработки.

Таблица 2 - Измерение микротвердости после обработки стальных образцов

№ образца	Микротвердость, ГПа	Внешний вид образца
004. Контрольный образец	0,88 ГПа	
56. Температура обработки 910 °С, нанесена графитовая паста	1,09 ГПа	
54. Температура обработки 910 °С, нанесена графитовая паста и слой древесного угля	1,00 ГПа	
55. Температура обработки 910 °С, нанесен древесный уголь	1,00 ГПа	
19. Температура обработки 800 °С, нанесена графитовая паста	0,95 ГПа	

### *Заключение*

В результате проведения химико-термической обработки стали ШХ15 при заданных в эксперименте температурах 800 °С и 910 °С и выдержке 1-5 ч в разных карбюризаторах было установлено, что графитовая паста и древесный уголь не оказали существенного влияния на увеличение микротвердости поверхности, что свидетельствует о целесообразности проведения цементации шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 при более высоких температурах и продолжительности обработки для обеспечения эффективности диффузионных процессов и науглероживания поверхностного слоя.

### *Список литературы*

1. Родионов И.В. Анодно-оксидные биосовместимые покрытия титановых дентальных имплантатов // Технологии живых систем. Т.3, №4, 2006. С. 28-32.
2. Родионов И.В., Серянов Ю.В. Применение технологии анодного оксидирования при создании биосовместимых покрытий на дентальных имплантатах // Вестник Саратовского государственного технического университета, №2 (12), 2006. С. 77-87.
3. Родионов И.В., Мудрова А.Л. Исследование микротвердости оксидных покрытий, получаемых на хромоникелевой стали 12Х18Н9Т способами воздушно-термического и паротермического оксидирования / Инновационная деятельность предприятий по исследованию, обработке и получению современных материалов и сплавов: материалы II Международной научной конференции. Орск, Орский гуманитарно-технологический институт (24-25 ноября 2011 г.). В 2 т. Т. 2. – М.: Машиностроение, 2012. С. 77-83.
4. Родионов И.В., Бутовский К.Г., Анников В.В., Хапрова Т.С., Фролова О.Н. Биointegrационные качества термооксидных покрытий чрескостных стержневых металлофиксаторов при клинических испытаниях // Научно-технические технологии. №8. Т.9, 2008. С. 57-66.
5. Родионов И.В. Костные металлоимплантаты с оксидными биосовместимыми покрытиями / Сб. трудов XV Междунар. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». Томск: Изд-во ТПУ, 2009. Т.1. С. 569-571.
6. Родионов И.В., Бутовский К.Г. Основные функциональные свойства пароксидных биопокрытий костных титановых имплантатов // Инженерная физика. №5, 2006. С. 37-46.
7. Родионов И.В. Физико-химические и механические характеристики пароксидных биосовместимых покрытий титановых имплантатов // Материаловедение. №10, 2009. С. 25-34.
8. Проскуряков В.И., Родионов И.В. Формирование состава и характеристик поверхности хромоникелевой стали 12Х18Н10Т при лазерном модифицировании в слое экспериментальной легирующей обмазки // Журнал технической физики. Т.92. Вып.1, 2022. С. 84-91.
9. Проскуряков В.И., Родионов И.В. Лазерное импульсное легирование коррозионно-стойкой хромоникелевой стали 12Х18Н10Т с использованием графитовой пасты // Упрочняющие технологии и покрытия. Т.16. №5 (185), 2020. С. 224-228.
10. Стали, применяемые при производстве режущего инструмента [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.grinderstz.com/post/стали-применяемые-при-производстве-режущего-инструмента>
11. Патент РФ на изобретение № 2033310. Способ повышения износостойкости деталей машин / Никольский И.А., Прозов А.Г., Свечников Е.Б., Мацуков Д.И. Опубл. 20.04.1995.

12. ПМТ-3 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://rscim.ru/produkcija/tverdomeri/tverdomery-po-metodam-vickersa-i-brinellia/pmt->

*Pavlov Boris Vadimovich, master's student*

*Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov, Russia*

### **INFLUENCE OF CHEMICAL-THERMAL TREATMENT MODES IN A GRAPHITE PASTE LAYER ON THE MICROHARDNESS OF THE SURFACE LAYER OF STEEL SHX15**

**Abstract.** *The article describes the methodology and presents the results of the study of the effect of cementation of steel SHX15 in a layer of graphite paste to obtain a hardening layer. An experimental analysis of the influence of chemical-thermal treatment modes on the change in the microhardness of the surface is carried out.*

**Keywords:** *steel SHX 15, turning, hardening, cementation, graphite paste, surface microhardness, structure, roughness parameters*

### **СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ (АКБ) И СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ**

*Паньков Дмитрий Николаевич, студент*

*Бугорский Илья Андреевич, студент*

*dmitry.pankov.official@gmail.ru, ilya.bugorsky@yandex.ru*

*Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия*

*Литий-ионные аккумуляторные батареи (АКБ) и суперконденсаторы - самые передовые технологии накопления энергии, однако они имеют ряд существенных различий, которые следует учитывать при выборе устройства для конкретной задачи. В статье проведено сравнение характеристик литий-ионных АКБ и суперконденсаторов, а также рассмотрены их преимущества и недостатки.*

*Ключевые слова: литий-ионная аккумуляторная батарея, суперконденсатор, накопление энергии, электролит.*

Постоянно растущие требования к количеству и качеству запасенной электроэнергии, растущий процент ВИЭ и распределенной энергетики, в том числе микросетей [1], делают актуальным выбор наиболее эффективных и дешевых из доступных на данный момент способов накопления энергии.

Лучшими из таких устройств в настоящее время являются суперконденсаторы, и аккумуляторы служащие для хранения электрической энергии. Их принцип действия основан на совершенно разных физико-химических процессах. АКБ хранят энергию в виде химических связей в электрически нейтральных молекулах. Напротив, суперконденсаторы используют взаимодействие сил между электрически заряженными частицами, где энергия хранится в виде электрического заряда (электрически заряженных частиц). Рассмотрим подробнее каждое из устройств.

Суперконденсаторы - инновационное решение для достижения энергетической эффективности и надежности. Они обладают высокими показателями плотности заряда и энергии, а также могут быть крайне быстро заряжены и разряжены практически неограниченное, по сравнению с АКБ, число циклов [2]. Это делает их подходящими для использования в самых различных задачах. Крайне важно и то, что суперконденсаторы не имеют «эффекта памяти» и таким образом их емкость не уменьшается с каждой следующей перезарядкой

В настоящий момент рентабельными для применения являются только суперконденсаторы EDLC (Electrostatic Double-Layer Capacitor) с двойным электрическим слоем. Они используют для работы жидкий электролит. Электролит выступает в качестве основного компонента для работы, от которого зависят все важнейшие характеристики устройства. Технология производства данных суперконденсаторов довольно дорогостояща, по сравнению с классическими АКБ, что несомненно является существенным недостатком и несколько ограничивает их применение.

Литий-ионные аккумуляторы используют для своей функции интеркаляцию ионов лития попеременно между положительным и отрицательным электродами. Важным фактом является то, что ионы лития должны попасть внутрь отдельных частиц электродных материалов, чтобы произошла токогенерирующая реакция. Этот процесс носит название твердофазной диффузии и является крайне медленным по сравнению с диффузией ионов в электролите суперконденсатора

Максимальная производительность аккумулятора и его внутреннее сопротивление также тесно связаны с этим параметром.

Основные электрические свойства литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов включают кривую напряжения  $U$  или форму разрядной кривой. Разрядная кривая представлена на рисунке 1.

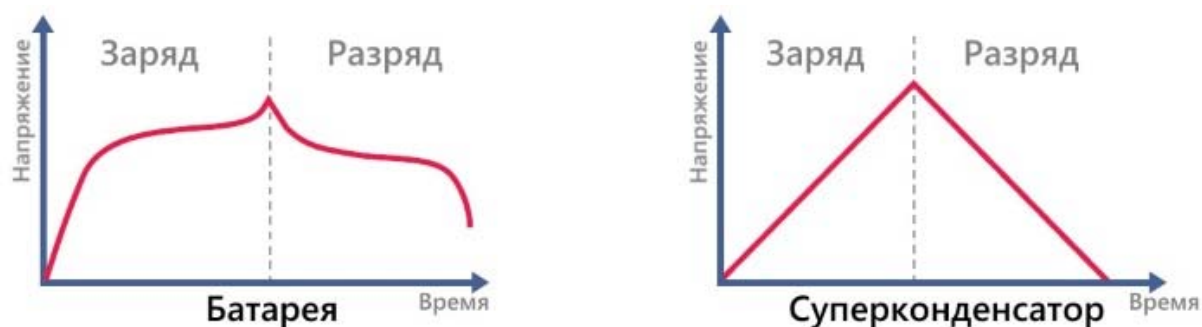


Рисунок 1 – Сравнительные разрядные кривые

Перейдем к сравнению конкретных характеристик схожих по емкости литий ионной АКБ [3] и суперконденсатора [4].

Как видно из таблицы, разница в плотности энергии между двумя устройствами отличается на несколько порядков, но принимая во внимание огромный саморазряд суперконденсаторов, совершенно очевидно, что су-

перконденсаторы не очень подходят для длительного хранения электрической энергии.

Таблица 1 – Сравнение характеристик литий-ионной АКБ и суперконденсатора EDLC

Параметр	Литий-ионный аккумулятор (Panasonic NCR 18650BF 3200 мАч)	Суперконденсатор EDLC (Maxwell 3.0V 3400F)
Напряжение ячейки [В]	3,7	3,0
Срок службы [циклов]	~500	~10 <sup>6</sup>
Плотность энергии [Вт/кг]	243	30000
Время зарядки	примерно 60 минут	примерно 10 секунд
Саморазряд [% в месяц]	4	80

Напротив, теоретически неограниченный срок службы и чрезвычайно короткое время зарядки делают суперконденсаторы идеальными устройствами для покрытия пиков энергии зарядки и разрядки и делают перспективным их применение в электроэнергетических системах [5].

Помимо вышеперечисленных параметров, суперконденсаторы способны отдавать очень большие токи (большую удельную мощность), на порядки превышающие литий-ионные аккумуляторы, и гораздо менее требовательны к балансным электронным схемам.

Недозаряда практически не бывает, что связано с самим физическим принципом, который суперконденсатор использует для хранения электрической энергии.

Таким образом, суперконденсаторы не являются альтернативой аккумуляторным батареям, их правильнее рассматривать как взаимодополняющие элементы, эффективно работающие вместе.

Суперконденсаторы лучше всего подходят в ситуациях, требующих подачи больших мощностей в течение небольшого промежутка времени, в то время как литий-ионные батареи лучше подходят для устойчивой подачи энергии в течение длительного периода времени и где количество (плотность) хранимой энергии имеет первостепенное значение.

Если нам требуется и то, и другое от приложения, следует рассмотреть возможность развертывания комбинированной системы батарея-суперконденсатор. Необходимо оснастить аккумуляторно-суперконденсаторную систему качественной системой управления, которая обеспечит эффективное использование энергии, подводимой и отводимой от системы. Такая система сможет отлично выполнять роль источника питания устройств релейной защиты на современных электрических станциях и подстанциях и имеет крайне обширные перспективы и во множестве других отраслей.

*Список литературы*

1. Паньков Д.Н., Бугорский И.А., Мазнев А.К. Микросети и перспективы их применения в электроэнергетике // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее: сборник научных статей. Том 4. - Курск: 2022. – С. 343-346
2. Коштыл Ю.М., Румянцев А.М., Жданов В.В. Литий-ионный суперконденсатор с электродами на основе углеродных материалов // Электрохимическая энергетика. 2015. №3.
3. URL: <https://www.nkon.nl/sk/k/Technical%20Information%20NCR18650BF%2006.08.2014.pdf>
4. URL: [https://maxwell.com/wp-content/uploads/2021/08/3V\\_3400F\\_datasheet.pdf](https://maxwell.com/wp-content/uploads/2021/08/3V_3400F_datasheet.pdf)
5. Червяков Д.Ю. Перспективы использования гибридных накопителей энергии в автономных комбинированных энергетических установках на возобновляемых источниках энергии // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых). - 2021. - С. 304-310.

*Pankov Dmitry Nikolaevich, student*

*Ilya A. Bugorsky, student*

*dmitry.pankov.official@gmail.ru , ilya.bugorsky@yandex.ru*

*Southwest State University, Kursk, Russia*

### **COMPARISON OF THE CHARACTERISTICS OF LITHIUM-ION BATTERIES (BATTERIES) AND SUPERCAPACITORS**

*Lithium-ion batteries and supercapacitors are the most advanced energy storage technologies, but they have a number of significant differences that should be taken into account when choosing a device for a specific task. The article compares the characteristics of lithium-ion batteries and supercapacitors, and also considers their advantages and disadvantages.*

*Keywords: lithium-ion battery, supercapacitor, energy storage, electrolyte.*

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННОГО ОТВАЛА ПЛУГА**

*Петренко Александр Андреевич, аспирант*

*(e-mail: petrenck.alex@yandex.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*Агеева Екатерина Владимировна, д.т.н., доцент, профессор*

*(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)*

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье раскрываются особенности изготовления новых и восстановления изношенных отвалов плуга. Так же представлен анализ сравнения количества технологических операций при изготовлении новых деталей и восстановлении изношенных, и соответственно приведены аспекты экономической эффективности, экологически и энергоэффективности данных процессов.*

*Ключевые слова: восстановление, энергоэффективность, экономическая эффективность.*

Проведя анализ источников [1-4] можно сделать вывод, что по сравнению с изготовлением новых почвообрабатывающих элементов, количество технологических операций при восстановлении сокращается в 3–8 раз.

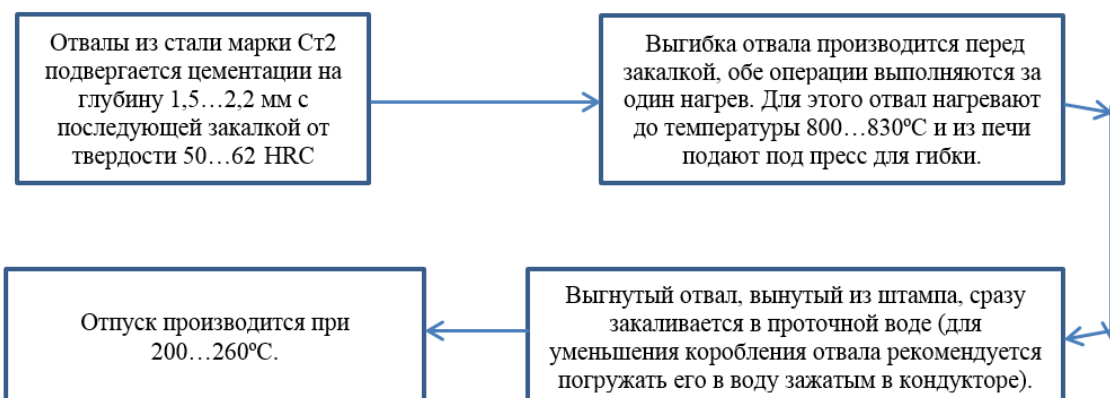
Создание производства для восстановления изношенных деталей требует в 2–2,5 раза меньше капиталовложений, чем для создания предприятия по изготовлению новых. Еще одно из немало важных преимуществ – малая металлоемкость ремонтного производства, по сравнению с новым производством. Так для восстановления изношенных деталей требуется в 20–30 раз меньше металла, чем на изготовления новых. Восстановление деталей способствует значительной экономии дефицитных металлов, исключает экологически разрушительный и энергоемкий производственный цикл. Только путем исключения производства новых деталей, при восстановлении изношенных деталей можно экономить около 180 кВт/ч электроэнергии, до 0,8 т угля, 0,5 т известняка, 175 м<sup>3</sup> природного газа. Восстановленная деталь должна быть достаточно долговечной и надежной в эксплуатации, а также обладать качествами новой.

Материалом для изготовления отвала плуга служит малоуглеродистая сталь марки Ст2 или трехслойная сталь. Расход электроэнергии па 1 т стали зависит от емкости печи. С увеличением емкости печи расход электроэнергии на 1 т выплавленной стали уменьшается. Например, для печи емкостью 25 т он составляет 750 кВт -ч, а для печи емкостью 100 т –575 кВт-ч. Расход графитированных электродов составляет 6–9 кг/т выплавленной стали.



Рисунок – Внешний вид отвала плуга

Технология производства отвала из стали марки Ст2 включает следующие стадии:



Трехслойная сталь для отвалов имеет твердые поверхностные слои из стали 65Г и мягкий внутренний слой из стали марки Ст2. Толщина каждого слоя составляет около одной трети общей толщины листа. Выгибка и закалка лемехов из трехслойной стали выполняется по описанному выше процессу. Отличие заключается в том, что лемех из трехслойной стали ох-

лаждается при закалке в воде только при температуре 120...150°C, после чего его дальнейшее охлаждение производится на воздухе.

Материалом для изготовления заготовки отвала служит листовая сталь. После вырубки по контуру и изготовления отверстий заготовка подвергается цементации, выгибке и термической обработке.

При изготовлении новых деталей тратится большое количество электроэнергии. Общий теоретический расход электроэнергии на нагрев и плавление 1 т металла и соответствующего количества шлака составляет порядка 400 кВт·ч. Практический расход электроэнергии колеблется в пределах 465–480 кВт·ч/т и зависит от удельных тепловых потерь.

Ресурс отвала изменяется в широких пределах в зависимости от качества изготовления, используемого материала, типа обрабатываемых почв и других факторов. В среднем на суглинистых почвах одним отвалом можно запахать около 70 Га. Если износ отвала не является сквозным, то для его восстановления место повреждения зачищают металлическими щетками или щетками-насадками на электроинструмент до полного удаления очагов коррозии и неровностей металла. Перед обработкой отвал рекомендуется закрепить, чтобы не допустить его деформации. Далее производят наплавку электродами. Швы должны быть наложены параллельно полевому обрезу с перекрытием. Количество швов зависит от площади повреждения. После наплавки швы зачищают обдирочным кругом и дополнительно проводят наплавку электродом Т-620 для деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания. При выполнении наплавки следует придерживаться следующих рекомендаций:

1. Металл отвала должен минимально проплавляться

2. Основной металлический слой как можно меньше должен смешиваться с наплавляемым

3. Припуски на дальнейшую механическую обработку должны быть минимальными, чего можно добиться лишь высоким качеством наложения сварочных швов

В случае, если предстоит восстановление поврежденного насквозь участка отвала, необходимо удалить изношенный участок по контуру с использованием газового резака. Для удаления изношенного участка можно использовать также угловую шлифовальную машину с отрезным диском. Используя контур вырезанного изношенного участка как шаблон, изготавливают накладку из подходящей по толщине стальной полосы. Затем подгоняют отверстие под накладку и готовят кромки для последующей сварки путем снятия фасок под углом 45°.

Сваривают поверхности накладки и груди отвала электродами диаметром 4 мм. С помощью обдирочных кругов выравнивают поверхность отвала. В случае, если вставка совпала с отверстием под крепежный болт, нужно произвести разметку, просверлить новое отверстие и сделать зенковку. Для усиления полученной конструкции целесообразно произвести наплав-

ку электродом Т-620 для деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания и произвести выравнивание поверхности.

Помимо стальных отвалов, в настоящее время используются также отвалы из композитных материалов. Композитные материалы имеют высокую устойчивость к механическому износу, низкие адгезионные свойства, высокую прочность и низкий коэффициент трения. Посредством таких характеристик удельное сопротивление плуга с композитными отвалами может быть несколько ниже, чем в комплектации со стальными отвалами [4-18].

Себестоимость восстановления деталей составляет 30-50% новых деталей. Следовательно, процесс восстановления позволяет значительно экономить материалы, электроэнергию. Значительно сокращает количество технологических операций и исключает полный производственный цикл.

#### *Список литературы*

1. Добрин Д.А. Актуальные технологии упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / Добрин Д.А. // Технический сервис машин. – 2022. – № 4 (149). – С. 111-117.
2. Воротников И.Л. Экономическое обоснование промышленного производства ресурсосберегающего агрегата для полосовой обработки почвы / Воротников И.Л., Колотырин К.П., Богатырев С.А., Савон Д.Ю. // Экономика промышленности. – 2022. – Т. 15. – № 4. – С. 399-406.
3. Виноградов Н.Н. Направления развития почвообрабатывающей техники / Виноградов Н.Н., Яковлева А.О., Виноградов Д.Н., Демчук Е.В. // в сборнике VII международной научно-практической конференции «Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития» – Омск, – 2022. – С. 28-32.
4. Микроструктура и элементный состав порошков, полученных в условиях электроэрозионной металлургии отходов жаропрочного никелевого сплава ЖС6У в воде / Агеев Е.В., Поданов В.О., Агеева А.Е. // Металлург. 2022. № 5. С. 72-77.
5. Элементный состав высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых. сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок. Курск, 2021. С. 115-118.
6. Микроструктура высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Актуальные вопросы науки, нанотехнологий, производства. сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Курск, 2021. С. 207-210.
7. Фазовый состав высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Наука молодых - будущее России. сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Курск, 2021. С. 150-153.
8. Размерные характеристики частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава Х20Н80 в керосине / Бобков Е.А., Агеева А.Е., Агеева Е.В. // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 37-40.
9. Получение электрокорунда электродиспергированием алюминиевых отходов / Новиков Е.П., Поданов В.О., Агеева А.Е. // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Все-

русской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 134-138.

10. Получение и исследование порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов электроэрозионным диспергированием / Агеев Е.В., Латыпов Р.А., Агеева Е.В., Давыдов А.А. // Курск, 2013. 200 с.

11. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А., Бобрышев Р.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 234-237.

12. Исследование влияния электрических параметров установки на процесс порошкообразования при электроэрозионном диспергировании отходов твердого сплава / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 238-240.

13. Особенности технологии восстановления шеек коленчатых валов двигателей камаз-740 с использованием твердосплавных порошков / Агеев Е.В., Сальков М.Е. // Технология металлов. 2008. № 3. С. 41-46.

14. Изучение строения и свойств твердосплавных электроэрозионных порошков, используемых для восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Агеев Е.В., Агеева Е.В., Давыдов А.А., Бондарев С.А., Новиков Е.П., Молодкин А.Ю. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С. 69-72.

15. Определение основных закономерностей процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Агеева Е.В., Чернов А.С., Маслов Г.С., Паршина Е.И. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 1 (46). С. 085-090.

16. Изучение формы и элементного состава порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в водной среде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 4 (112). С. 14-17.

17. Исследование алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде / Латыпов Р.А., Агеев Е.В., Агеева Е.В., Новиков Е.П. / Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 4. С. 19-22.

18. Морфология и элементный состав медных электроэрозионных порошков, пригодных к спеканию / Агеева Е.В., Хорьякова Н.М., Агеев Е.В. // Вестник машиностроения. 2014. № 10. С. 66-68.

***Petrenko Alexander Andreevich, postgraduate student***

Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanova

***Ageeva Ekaterina Vladimirovna***, Doctor of Technical Sciences, Professor

Southwest State University, Kursk, Russia

### **ECONOMIC FEASIBILITY OF RESTORING PARTS**

***Abstract.*** This article reveals the features of manufacturing new parts and restoring worn ones. An analysis was also made of comparing the number of technological operations in the manufacture of new parts and the restoration of worn out, economic efficiency, environmental pollution. energy efficiency

***Key words:*** restoration, energy efficiency, economic efficiency.

## **НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

*Погиба Кирилл Витальевич, студент*

*(e-mail: zzkantzz@gmail.com)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В статье выделены и описаны проблемы, которые могут быть эффективно решены путём применения накопителей электрической энергии. Для этого проанализированы различные виды накопителей электрической энергии, описан их принцип работы и выделены достоинства и недостатки каждого из видов. В результате проведённого анализа предложен подход к выбору вида накопителя электрической энергии, оптимально соответствующего решаемой задаче. Он позволяет эффективно выбирать тип и характеристики накопителя электрической энергии под конкретную задачу.*

*Ключевые слова: накопители электрической энергии, маховик, суперконденсатор, СПИНЭ, аккумуляторная батарея.*

В настоящее время в мире активно исследуются вопросы применения накопителей электрической энергии (НЭ). Такой интерес связан с развитием технологий Smart Grid и переходом ЕЭС России на новую технологическую платформу Интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС).

Важнейшая роль в концепции развития интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью отводится распределённой генерации (РГ). Системный эффект от применения распределённой генерации будет выше, если в совокупности с ней использовать накопители электрической энергии, что в итоге позволит увеличить надёжность электроснабжения, снизить потери электроэнергии в электрических сетях, сократить ущербы от системных аварий и перерывов электроснабжения потребителей.

Кроме того, накопители энергии играют важную роль в электроснабжении изолированных энергосистем, занимающих значительную часть территории России. Актуальной задачей является выбор вида НЭ, адекватно соответствующего решаемой задаче и позволяющего получить наибольший эффект от его применения.

Целью данной статьи является исследование возможности решения проблем, возникающих при функционировании электроэнергетических систем, путём применения накопителей электрической энергии.

Реализация цели базируется на решении следующих задач:

Выявление проблем, которые наиболее эффективно могут быть решены путём применения накопителей электрической энергии.

Анализ видов накопителей электрической энергии. Описание принципа действия и особенностей каждого из видов.

Выявление соответствия вида накопителя решаемой проблеме.

Применение накопителей электрической энергии как неотъемлемой части ИЭС ААС позволяет эффективно решать ряд проблем, таких как провалы и выбросы напряжения, неравномерность графиков электрических нагрузок (ГЭН), в том числе колебание нагрузки, отклонение частоты, низкая надёжность электроснабжения. Рассмотрим эти проблемы подробнее.

Провал напряжения – это временное уменьшение напряжения в конкретной точке электрической системы ниже установленного порогового значения. Провалы напряжения приводят к сбою в работе электронных средств управления, контроля и учёта, микропроцессорной релейной защиты, а также технологического оборудования, что влечёт за собой снижение надёжности

Причинами провалов напряжения могут быть: пусковые токи при старте мощных электродвигателей и генераторов, короткие замыкания в электрической сети, внезапные набросы нагрузки, коммутации сетевого оборудования, климатические воздействия.

Выброс напряжения – динамическое кратковременное (не менее 0,01 с) отклонение напряжения с последующим возвращением к исходному значению.

В числе возможных последствий выбросов напряжения – мерцание освещения, износ контактов и изоляции, повреждение приборов. Причинами выбросов напряжения могут быть резкое изменение нагрузки, повреждение электрических сетей.

Отклонение значения основной частоты напряжения электропитания от номинального значения в пределах, установленных ГОСТ 32144-2013, возникает при дефиците генерируемой мощности или её избытке. При возникновении недопустимых отклонений частоты страдают, прежде всего, электродвигатели. При снижении частоты происходит замедление ротора двигателя, что ведёт к снижению эффективности его работы, при увеличении частоты - к перегреву и повышенному износу из-за увеличения скорости вращения, что значительно снижает срок службы двигателей.

Указанные проблемы можно решать не только традиционными способами, но и с помощью накопителей электрической энергии, что позволит существенно повысить надёжность и экономичность электроснабжения потребителей.

#### *Список литературы*

1. Бахтеев К.Р. Повышение эффективности функционирования систем централизованного и автономного электроснабжения путем комплексного применения электрохимических накопителей энергии, малой генерации и форсировки возбуждения синхрон-

ных машин : дис. канд. техн. Наук : защищена 2019 / Бахтеев Камиль Равилевич. – Казань, 2019. – 190 с.

2. Ерцкина Д. А. К вопросу об интеллектуальных электрических сетях / Ерцкина Д. А., Суслов Д. Н. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики – 2017. - № 3. – с. 36-38.

*Pogiba Kirill Vitalievich, student*

*Pudovinnikova Maria Vitalievna, student*

*Smakova Angelina Ravilievna, student*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

## **STORAGE OF ELECTRIC ENERGY AS A MEANS F INCREASING RELIABILITY AND ECONOMY OF ELECTRIC NETWORK OPERATION**

**Abstract.** *The article identifies and describes the problems that can be effectively resolved through the use of electric energy storage devices. The paper analyses various types of electric energy storage devices, describes their principle of operation, and highlights the advantages and disadvantages of each type.*

**Keywords:** *electric energy storage, flywheel, super-capacitor, SPINE, rechargeable battery.*

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

*Погиба Кирилл Витальевич, студент*

*(e-mail: zzkantzz@gmail.com)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В статье описаны материалы, применяемые в электротехнике, и обоснованы принципы их выбора и использования.*

*Ключевые слова: электроэнергетика, электротехника, материаловедение.*

Материалы из которых выполнены элементы оборудования играют важную роль в электротехнике и энергетике. Вспомним, что, первые линейные изоляторы высокого напряжения были изготовлены из тяжелого и крупногабаритного фарфора, а технология их производства была очень сложной. Позже появились более легкие в плане веса и значительно лёгкие в плане производства стеклянные изоляторы. Крайним изобретением в этой области стали изоляторы из силиконовой резины. На поверхности первых резиновых изоляторов образовались микротрещины, в которых скапливались грязь и пыль, что способствовало образованию токопроводящих дорожек и пробой изолятора. Вслед за изучением поведения изоляторов из силиконовой резины в уличных атмосферных условиях в электрическом поле высоковольтных линий электропередач были изобретены добавки, повышающие стойкость к атмосферным воздействиям, устойчивость к замыканиям.

Класс прочных и легких изоляторов для различных уровней напряжения был разработан благодаря именно этим исследованиям. Для сравнения, вес подвесных изоляторов современных воздушных линий напряжением 1150 кВ равен весу проводов в пролете между опорами. Этот факт способствует значительному увеличению нагрузки на опоры, поэтому необходимо устанавливать дополнительные параллельные ряды изоляторов, что в свою очередь значительно увеличивает расход материала. В некоторых случаях стоимость установки изоляторов составляет 70% стоимости строительства линии электропередач.

Таким образом, электротехнические материалы являются решающим фактором технико-экономических показателей системы электроснабжения.

В электротехнике и энергетике применяются следующие классы материалов:

**Диэлектрики.** материалы, способные поляризоваться и сохранять электростатическое поле. В зависимости от применения различают пассивные диэлектрики (электроизоляционные) и активные диэлектрики (сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики и др.), свойствами которых можно управлять внешним энергетическим воздействием.

**Полупроводники.** По удельной проводимости эти материалы занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Для него характерна значительная зависимость удельной проводимости от вида и концентрации примесей или других дефектов, а также, в большинстве случаев, от энергетических воздействий таких как температура, освещение и т. д. **Композиционные (композитные) материалы.** Данные материалы совмещают в себе несколько компонентов, которые выполняют различные функции, а между ними существует разделяющая граница.

**Проводники.** Материалы с высокой электропроводностью. В зависимости от применения их делят на высокопроводящие, используемые для проводов различного назначения, токопроводящих деталей, электрических контактов и высокостойкие, применяемых при производстве резисторов и нагревательных элементов, способные сильно намагничиваться во внешнем магнитном поле. Из-за особенностей процесса намагничивания, связанных с их строением, они делятся на ферромагнетики и ферримагнетики (ферриты). Различают магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Магнитомягкие материалы легко перемагничиваются. Их применяют в электромагнитах и переменных магнитных полях в качестве сердечников трансформаторов, магнитопроводов электрических машин, реле и т.д. Магнитотвердые материалы трудно размагничиваются, обладают большим запасом магнитной энергии; их используют для изготовления постоянных магнитов и устройств для записи и хранения информации.

Для значительного увеличения магнитного потока, используемого для выработки электроэнергии необходимы магнитные материалы, в процессе преобразования тока высокого напряжения в ток низкого напряжения или наоборот, а также преобразования электрической энергии в механическую.

Зависимость напряженности магнитного поля от магнитной индукции называется кривой намагничивания. Эта кривая зависит от химического состава и кристаллической структуры материала и применима ко всем магнитным материалам. Увеличение линейных размеров частиц магнитного материала соответствует ориентации магнитных доменов в магнитном поле - магнитострикции, меняющейся в разных направлениях в кристаллах. Еще одним важным свойством магнитов является магнитная анизотропия, сводящая процесс намагничивания осей кристалла к различным возможностям. Важным свойством ферромагнетиков в переменных магнитных полях является динамический магнитный переход,

Он рассчитывается по формуле:

$U = B_m/H_m$  где,  $B_m$  – магнитная индукция;  $H_m$  — напряженность магнитного поля.

Одной из основных характеристик электротехнических материалов является удельная электропроводность -  $\gamma$ , Сименс/м, как коэффициент пропорциональности между плотностью тока  $j$  (А/м<sup>2</sup>) и напряженностью электрического поля  $E$  (В/м) в законе Ома

$$j = \gamma \cdot E .$$

#### *Список литературы*

1. Пасынков В.В. Материалы электронной техники: учеб. для вузов / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. - 3-е изд. - СПб.: Изд-во "Лань", 2001. - 368 с. - ISBN 5-8114-0409-3.
2. Электротехнические и конструкционные материалы: учеб. пособие для СПО / В.Н. Бородулин [и др.]; под ред. В.А. Филикова. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2005. - 280 с.

*Pogiba Kirill Vitalievich, student*

*(e-mail: zzkantzz@gmail.com)*

*Pudovinnikova Maria Vitalievna, student*

*Smakova Angelina Ravilievna, student*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

#### **ELECTRICAL MATERIALS SCIENCE**

*Abstract. The article describes the materials used in the electrical industry, as well as the principles of their selection and use.*

*Keywords: materials science, electrical engineering.*

## **ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Погиба Кирилл Витальевич, студент**

*(e-mail: zzkantzz@gmail.com)*

**Пудовинникова Мария Витальевна, студент**

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

**Смакова Ангелина Равильевна, студент**

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В статье представлены четыре главных тренда в энергетике прогнозируемых на 2023 год. В числе которых: ИИ в энергетике, «зеленый» водород, разработки в ВИЭ и биоэнергетика.*

*Ключевые слова: будущее энергетики, тенденции развития энергетики, искусственный интеллект.*

2023 год станет рекордным по масштабам перехода от ископаемого топлива к возобновляемым источникам. В этом году мы увидим, как новые, пока еще экзотические источники энергии, появившиеся в результате лабораторных исследований и пилотных проектов, постепенно входят в повседневную жизнь. Итак, давайте ознакомимся со списком главных трендов в энергетическом секторе на ближайший год.

Искусственный интеллект (ИИ) в корне меняет энергетику и коммунальные услуги. В этой отрасли он используется для прогнозирования спроса и распределения ресурсов, чтобы обеспечить доступность электроэнергии в нужное время и в нужном месте с минимальными потерями. Это особенно важно для энергии из возобновляемых источников: она не может долго храниться, и ее необходимо использовать быстро и недалеко от места выработки.

Всемирный экономический форум прогнозирует, что ИИ сыграет важную роль в мировом переходе к экологически чистой энергии. Эффективность повысится за счет более точного прогнозирования спроса и предложения. Кроме того, происходит переход от централизованных моделей производства и распределения электроэнергии к децентрализованным, где больше энергии вырабатывают небольшие энергосети на местах (например, солнечные фермы), а как раз для их координации и интеграции и требуются сложные алгоритмы искусственного интеллекта. Стратегия здесь заключается в создании “интеллектуальной координации” между энергетической инфраструктурой и домами и предприятиями, где электроэнергия непосредственно потребляется.

Водород – самый распространенный элемент во Вселенной и при сгорании почти не выделяет парниковых газов. Благодаря этим двум качествам он – крайне перспективный источник энергии. Однако исторически главная загвоздка заключалась в том, что для его сжигания требуется ископаемое топливо – а это, в свою очередь, означает выбросы углерода. Напри-

мер, из угля получают “коричневый” водород, а из природного газа – “серый”.

С другой стороны, “зеленый” углерод вырабатывается в ходе электролиза из воды, а выработка необходимой электроэнергии из возобновляемых источников – например, ветровой или солнечной – по сути переводит процесс на безуглеродные рельсы. В этом году ряд крупных европейских энергетических компаний, среди которых Shell и RWE, взяли на себя обязательство создать первый крупный трубопровод “зеленого” водорода от ветряных электростанций в Северном море в континентальную Европу. Хотя проект завершится лишь к 2035 году, Европейский Союз также взял на себя обязательства по ряду более мелких проектов – выработать к 2030 году 40 ГВт возобновляемой энергии, которая пойдет на производство “зеленого” водорода. Это означает, что в течение десятилетия следует ждать инноваций и новых проектов в этом направлении.

Технология производства возобновляемой энергии постоянно совершенствуется благодаря запросу на экономию, эффективность и безопасность. В 2022 году мы увидим новые технологические достижения – более мощные и адаптируемые фотоэлектрические панели для выработки солнечной энергии, и лопасти турбин для гидроэнергетики и ветроэнергетики. Например, в лопастях от американского стартапа Helicoid используются структурные волокна новой конструкции, более прочные и устойчивые к повреждениям, которым не страшна ни эрозия, ни структурная усталость. Это повышает эффективность: сокращается время простоя, поскольку замена и ремонт требуются реже.

В области солнечной энергетики компании вроде голландского стартапа Lusoco проектируют новые фотоэлектрические панели с использованием различных отражающих и преломляющих материалов (в том числе флуоресцентных чернил) – ускоряется процесс поглощения энергии. Панели становятся легче, дешевле и менее энергоемки в производстве и установке. Также разрабатываются новые материалы, более эффективно преобразующие энергию. Например, слитки монокристаллического кремния от Norwegian Crystals производятся с помощью гидроэнергетического процесса со сверхнизким уровнем выбросов углерода. В 2022 году совершенствование инженерных процессов станет на широкую ногу – это повысит эффективность и надежность возобновляемой энергетики.

Из биомассы или биотоплива можно получить гораздо больше потребительской энергии, чем сегодня, и в последние годы мы наблюдаем мощные попытки раскрыть ее потенциал. Для создания более эффективных видов топлива из биологических материалов (например, древесины, сельскохозяйственных культур вроде сахарного тростника или даже отходов) используются термические, химические и биологические процессы – вплоть до ферментации для производства биоэтанола и биодизеля. Хотя классификация возобновляемых источников несколько противоречива, Международное энергетическое агентство прогнозирует, что к 2023 году на био-

энергетику будет приходиться 30% производства возобновляемой энергии. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) считает, что это гарантирует, что глобальное потепление в течение века не превысит 1,5 градуса Цельсия.

*Список литературы*

1. В.В. Бушуев. развитие электроэнергетики: стратегический и постстратегический форсайт : моногр. / В.В. Бушуев. - М.: Книга по Требованию, 2022. - 326 с.

***Pogiba Kirill Vitalievich, student***

*(e-mail: zzkantzz@gmail.com)*

***Pudovinnikova Maria Vitalievna, student***

***Smakova Angelina Ravilievna, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

### **TRENDS AND DIRECTIONS OF ENERGY DEVELOPMENT**

***Abstract.*** *The article presents four main trends in the energy sector projected for 2023.*

*Among them: AI in the energy sector, "green" hydrogen, developments in renewable energy and bioenergy.*

***Keywords:*** *the future of energy, energy development trends, artificial intelligence.*

## **К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

***Познахирёв Евгений Николаевич, студент***

***Коняев Николай Васильевич, к.т.н., доцент***

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В статье рассмотрена значимость освещенности, ее влияние на человека и животных. Описаны особенности светотехнических расчетов. Рассматриваются и анализируются основные особенности, интерфейс, а также ключевые возможности программы по расчету и проектированию освещения «DiaLux».*

*Ключевые слова:* *расчет освещения, освещенность, светораспределение, светотехнические расчеты, световой поток, излучение, светильник.*

При всех нынешней достижениях науки в области искусственного освещения солнечный свет остается оптимальным источником света. Единственное, что остается человеку при проектировании систем освещения, - это стремиться как можно ближе подойти к показателям естественного света, поэтому следует ответственно подходить к расчету освещенности помещения и выбирать светильники с высокими показателями цветопередачи. Качество жизни человека улучшается благодаря использованию света с высокими свойствами цветопередачи. Использование светильников с низкой цветопередачей может привести к подавляющему эффекту, а также к низкой производительности труда человека и снижению жизненного тонуса [1,2].

Расчет освещенности помещения необходим для получения требуемой интенсивности света и обеспечения комфортных условий проживания. Недостаточное или избыточное освещение может привести к сильному напряжению глаз, сильной усталости и психическому дискомфорту, что может негативно сказаться на самочувствии человека [3]. Наиболее комфортным для наших глаз является естественное освещение. Также можно заметить, что правильное освещение важно не только для человека, но и для сельскохозяйственных животных, которые почти все время находятся внутри животноводческих помещений [4,5]

Ключевая задача расчета освещенности помещений – это подведение освещения искусственного происхождения к природному, естественному, который характеризуется равномерностью светового потока и благоприятной цветностью излучения с длиной волны видимого оптического излучения. Электрический свет относится к искусственным источникам, он получается в результате преобразования электроэнергии в электромагнитное излучение, воспринимаемое глазом человека как свет. При расчете освещенности надо принимать во внимание технические характеристики: высота потолка; окрас напольного покрытия, стенок и мебели; тип комнаты и ее целевое предназначение.

Расчеты системы освещения являются одними из самых распространенных технических расчетов. В первую очередь, это очень трудоемкий процесс, требующий специальных знаний в области светотехники. В настоящее время работа инженеров-проектировщиков стоит очень дорого. Однако инженеры и их команды часто тратят время на рутинные задачи, перенося значения и расчеты из одной программы в другую. Поэтому специалисты не могут заниматься моделированием или разработкой дополнительных концепций. *В данный момент проектировщик обязан выдать пару различных вариантов решения за время, которое раньше отводилось для разработки одного проекта.*

DIALux («Диалюкс») – программа, разрабатываемая с 1994 года Немецким Институтом Прикладной Светотехники. Она создана для дизайна и планирования освещения. В DIALux используются данные осветительных приборов большинства производителей. Программа распространяется бесплатно. Она учитывает все современные требования к дизайну и расчету освещения. DIALux поддерживает международные и национальные стандарты европейских стран.

Программный комплекс DIALux стал прорывом в области светотехнических расчетов. Цель программы - сделать расчеты максимально простыми, более функциональными и открытыми для всех производителей осветительных приборов [5].

Расчет в программе DIALux прост, понятен и высокоточен, в отличие от ручного метода расчета по точечному методу или через коэффициент использования светового потока. Оба метода требуют большого количества справочных данных, которые зависят от типа осветительных установок и

их светотехнических характеристик. Программа при расчете учитывает световой поток, приходящийся на рабочую поверхность от источника света, световой поток, преломляющийся и отражающийся, и попадающий на рабочую поверхность от стен, потолка, расстановки мебели в помещении, а также от отражающих свойств всех этих поверхностей [6].

В DIALux применяются интегрированные базы данных светильников. Их предоставляют как мировые производители светотехнической продукции, так и отечественные. В базах данных светотехнические параметры светильников заложены предельно объёмно и полно, а также они регулярно обновляются и пополняются.

Программа рассчитывает и предоставляет заранее определенную стандартизированную минимальную освещенность и позволяет пользователю анализировать распределение освещенности по всей поверхности освещения. Повышенная точность расчетов и низкая трудоемкость позволяют быстро сравнивать и выбирать различные варианты освещения. В таких случаях можно определить предпочтительный вариант, в котором заданные условия освещенности достигаются с незначительно лучшими показателями.

Помимо расчета освещенности, DIALux позволяет пользователю контролировать качество освещения, например, горизонтальную освещенность, насыщенность света и равномерность освещения. Программное обеспечение включает визуализацию разработанной системы освещения, обеспечивая необходимую наглядность и информативность. С помощью определенных инструментов можно полностью спроектировать помещение с необходимой мебелью и оборудованием и все это визуализировать под разными системами освещения.

Этапы расчета освещенности в помещении при помощи программы DIALux следующие: 1. Задание параметров расчетного помещения; 2. Размещение оборудования в помещении; 3. Выбор коэффициента отражения для пола, стен и потолка; 4. Выбор и размещение светильников; 5. Автоматизированный расчет. Возможно, редактирование любой части проекта. Выбор и размещение светильников доступно в разделе выбора светильников.

DIALux используется для расчета сцен уличного, внутреннего и наружного освещения, полностью соответствующего стандартам, а также для получения фотореалистичной визуализации проекта. Данная программа сильно облегчает труд электриков, дизайнеров и проектировщиков освещения. В программе, возможно, проектировать и создавать новые проектные модели светодиодных светильников и облучателей, и с помощью визуализации их светораспределения, оценивать их основные светотехнические характеристики и тем самым рекомендовать новые конструкции [7,8,9].

DIALux позволяет экспортировать необходимые результаты моделирования в формате pdf или dwg в другие среды проектирования, такие как Autodesk Revit, для работы над деталями зданий и сооружений.

Бизнес уже давно применяет роботизацию процессов (RPA) для борьбы с рутинной. На BIM форуме (ежегодное профессиональное мероприятие в сфере цифрового строительства) 2021 года, были озвучены данные McKinsey Global Institute, согласно которым индустрия строительства находится на предпоследнем месте по цифровизации, опережая только сельское хозяйство. Таким образом, DIALux является необходимым элементом цепочки проектирования, а его бесплатность и поддержка многими европейскими производителями светотехнического оборудования, требуют от специалистов в этой области обязательного навыка работы с ним.

#### *Список литературы*

1. Атаманова Е.Г., Коняева О.Н., Коняев Н.В. Освещение - фактор комфортной среды человека // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 7-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 5-ти томах. Под редакцией В.М. Кузьминой. Курск, 2022. С. 62-65.
2. Коняев Н.В., Коняева Н.И. "Умная" осветительная установка // В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 57.
3. Коняев Н.В. Правильное освещение // В сборнике: Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК. материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 74-75.
4. Коняева О.Н., Коняев Н.В. Влияние освещение на здоровье и продуктивность птицы // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 7-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 5-ти томах. Под редакцией В.М. Кузьминой. Курск, 2022. С. 81-84.
5. Коняева О.Н., Коняев Н.В. Роль искусственного освещения в птицеводстве // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2022. Материалы 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Отв. редактор М.С. Разумов. Курск, 2022. С. 308-311.
6. Фетисов В.С., Коняев Н.В. Программа «DIALUX» - инструмент проектирования и энергосбережения освещения // В сборнике: Молодежь и системная модернизация страны. Сборник научных статей 6-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых в 3-х томах. Курск, 2021. С. 426-430.
7. Коняев Н.В., Коняева Н.И. Новые технологии в облучении растений // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2010. С. 142-145.
8. Коняев Н.В., Фирсов В.С., Блинков Б.С. Обоснование применения энергосберегающих технологий для систем освещения в коровниках // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №8. С. 171-175.
9. Коняев Н.В., Ивашура А.С. Обоснование конструкции светильника для компактных люминесцентных ламп // В сборнике: Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса. материалы международной научно-практической конференции. 2008. С. 17-19.
10. Обоснование конструкции светильника для компактных люминесцентных ламп/ Коняев Н.В., Ивашура А.С. // В сборнике: Актуальные проблемы повышения эффектив-

ности агропромышленного комплекса. материалы международной научно-практической конференции. 2008. С. 17-19.

11. Обоснование использования альтернативного электроснабжения на примере малых гидроэлектростанций/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Степашов Р.В.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 339-344.

12. Обоснование применения энергосберегающих технологий для систем освещения в коровниках/ Коняев Н.В., Фирсов В.С., Блинков Б.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 171-175.

13. Перспективы энергосбережения в микроклимате животноводческих помещений/ Коняев Н.В., Еремин Д.А., Вайцеховский Д.Е.// Региональный вестник. 2018. № 2 (11). С. 17-20.

14. Светодиодная облучательная установка/ Назаренко Ю.В., Коняев Н.В., Блинков Б.С., Степашов Р.В.// Региональный вестник. 2015. № 1. С. 46-47.

*Poznahirev Evgeny Nikolaevich, student*

*Konyaev Nikolay Vasilyevich, Cand. Tech. Sci., associate professor*

*Kursk State Agricultural Academy, Kursk, Russia*

#### **TO THE DESIGN OF LIGHTING SYSTEMS**

**Abstract.** *The article considers the importance of illumination, its impact on humans and animals. The features of lighting calculations are described. The main features, the interface, as well as the key features of the program for the calculation and design of lighting "DIALux" are considered and analyzed.*

**Keywords:** *lighting calculation, illumination, light distribution, lighting engineering calculations, luminous flux, radiation, lamp.*

## **ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС**

*Попов Сергей Александрович, аспирант*

*(e-mail: popov\_seal@edu.bstu.ru)*

*Фальков Георгий Александрович, аспирант*

*Попова Анастасия Юрьевна, магистрант*

*Научный руководитель – Горлов А.С., к.т.н. доцент*

*БГТУ им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

*В данной статье рассматривается вопрос применения современных программных комплексов в образовательном процессе по техническим направлениям и в частности в энергетике. Представлены используемые программы и показана их роль в процессе подготовки высококвалифицированных специалистов.*

*Ключевые слова: математический анализ, математическое моделирование, компьютерное моделирование, современное образование, процесс обучения.*

Основной целью высшего профессионального образования является подготовка высококвалифицированных кадров, соответствующих профилю подготовки, готовых к постоянному профессиональному росту, конкурентоспособных на рынке труда и готовых выполнять любые поставлен-

ные перед ними задачи в рамках полученной квалификации. Профессиональное становление специалиста, особенно технических направлений, это довольно длительный и сложный процесс, состоящий из приобретения большого количества не только теоретических, но и практических знаний [1].

Очевидно, что качество подготовки специалистов в определенной степени зависит от применяемого многообразия форм и методов представляемого учебного материала, а также актуальности получаемых студентом знаний на момент обучения. Несомненно, изучение и исследование технических установок и технологических процессов, вне зависимости от направления подготовки специалистов, предпочтительнее всего производить на реальном оборудовании или хотя бы на приближенных по техническим характеристикам учебных стендах, однако это не всегда представляется возможным. Связано это в первую очередь с тем, что не все технологические установки или тестовые стенды, имитирующие работу на этих установках, есть возможность разместить на территории учебного заведения, к тому же исследование пограничных и аварийных режимов работы такого оборудования может быть не всегда безопасно, как для студентов, так и для изучаемого оборудования. Также невозможно постоянно производить модернизации тестовых стендов и оборудования с той же скоростью, с какой они развиваются в условиях промышленного производства, изучение неактуального оборудования не позволит подготовить достаточно квалифицированные кадры в условиях быстроразвивающихся сфер промышленности. В таких случаях прибегают к внедрению в учебный процесс специализированных программно-аппаратных комплексов, позволяющих безопасно моделировать и изучать процессы, протекающие в технологическом оборудовании любой сложности. Это особенно актуально для таких направлений, как электроэнергетика, теплоэнергетика, машиностроение, металлургия, автоматизация производств, аддитивные технологии и сфера современного строительства [2].

Именно поэтому, в настоящий момент происходит всё большая интеграция информационных и вычислительных систем в учебный процесс в высших учебных заведениях. Причем речь идет не только об операциях, связанных с автоматизацией оформления текстовых и графических работ студентов, но и непосредственное использование программных комплексов для изучения, исследования и разработки сложных систем и процессов.

Если рассматривать конкретные области знания, то применительно к энергетике, чаще всего используют программы символьного и численного анализа, программы для моделирования электрических цепей и программы для автоматизации электронного проектирования (EDA).

Наиболее популярной программой для освоения математических комплексов символьного анализа на текущий момент является пакет Mathcad и его аналоги (Mathematica, Maple и др.). Эти программные комплексы пред-

ставляют собой универсальные математические пакеты, предназначенные для выполнения инженерных и научных расчетов, позволяющие значительно ускорить решение различных задач. Это снижает часть вычислительной нагрузки со студентов и преподавателей, позволяя больше фокусировать внимание на суть решаемой проблемы. Также появляется возможность рассматривать различные способы решения поставленных задач, что повышает качество производимых расчётов, а автоматизированная система расчета дает возможность быстро исправлять ошибки или вносить корректировки в уже готовый расчет, без необходимости повторных вычислений [3].

Несмотря на обширный спектр задач, которые позволяет решить Mathcad и его аналоги, когда речь заходит о численных вычислениях, на первый план выходят такие программные комплексы, как Matlab или его бесплатные аналоги, такие как GNU Octave и Scilab. Эти программы имеют в своем функционале ряд дополнительных функций и расширяемых библиотек, которые заточены под численное решение задач разной сложности. Также, отличительной особенностью Matlab и Scilab от Mathcad и похожих программ, является наличие обширного количества специализированных пакетов, заточенных под выполнения расчётов в конкретных системах. Отдельно необходимо отметить наличие пакетов моделирования динамических систем, таких как Simulink для Matlab и пакета Xcos для Scilab. Данные пакеты значительно упрощают работу со сложными динамическими системами, позволяя подробнее изучать их и заниматься их проектированием [4].

В отдельных случаях, в процессе обучения, используются и более узкоспециализированные программные комплексы, позволяющие производить вычисления для конкретных прикладных задач.

К таким программам можно отнести пакет Multisim, представляющий собой интерактивную схемотехническую среду для визуализации в режиме реального времени и анализа поведения электронных схем. Его функционал позволяет наглядно изучать и анализировать электрические цепи в виртуальной среде. Также для этих задач может быть использована программа Proteus, в которой аналогично присутствуют инструменты для анализа электрических цепей, но в большей степени этот программный комплекс является системой проектирования электрических цепей, освоение которого также необходимо развивающемуся специалисту для изучения специфики проектной деятельности.

Также, в процессе обучения активно используются современные системы автоматизированного проектирования (САПР), позволяющие производить не только проектирование, но и анализ сложных энергетических комплексов (семейство программных продуктов EnergyCS), расчёты механической прочности и анализ электромагнитных явлений (SOLIDWORKS и его дополнительные пакеты). Аналогично можно встретить применение и других CAD/CAE программных пакетов, обладающих схожим функциона-

лом, такие как NX и T-FLEX. В некоторых случаях применяют более сложные программные продукты для автоматизированного инженерного анализа, такие как ANSYS и COMSOL Multiphysics, позволяющие производить комплексный анализ электрических, механических и химических процессов, а также решения задач гидродинамика, теплопередачи и оптимизации. Применение подобных программ в процессе обучения позволяет лучше представлять протекающие физические процессы и формировать у молодых специалистов структурное мышление для решения практических задач любой сложности [5].

Активно протекающее внедрение современных программных комплексов в учебный процесс положительно сказывается на формировании базы перспективных и востребованных высококвалифицированных кадров, что особенно актуально для таких быстро развивающихся областей, таких как энергетика и автоматизация.

*Список литературы*

1. Данилов А.Н. Система подготовки инженерных кадров в современной России: образовательные траектории и контроль качества / А. Н. Данилов, М.Б. Гитман, В.Ю. Столбов, Е.К. Гитман // Высшее образование в РФ. – 2018. – Т. 27, № 3. – С. 5-15.

2. Мартыанова Е.Г. К вопросу о цифровизации образования в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации / Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники: сборник статей Международной научно-практической конференции, Омск, 25 декабря 2021 года. – Уфа: ООО "Аэтерна", 2021. – С. 280-282.

3. Бурьков Д. В. Применение IT-технологий в электроэнергетике: Mathcad, Matlab (Simulink), NI Multisim / Д. В. Бурьков, Н. К. Полуянович. – Ростов-на-Дону; Таганрог: ЮФУ, 2018. – 126 с.

4. Белогловский А.А. Применение свободно распространяемого программного обеспечения в инженерной подготовке специалистов- энергетиков / Информатизация инженерного образования: Материалы V Международной научно-практической конференции. – Москва: Издательство ФГБОУ ВПО "НИУ "МЭИ", 2020. – С. 31-34.

5. Потапов Л.А. Comsol multiphysics: моделирование электромеханических устройств / Л. А. Потапов, И. Ю. Бутарев. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2011. – 112 с

**Popov Sergey Alexandrovich**, postgraduate student

(e-mail: [popov\\_seal@edu.bstu.ru](mailto:popov_seal@edu.bstu.ru))

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia

**Falkov Georgy Alexandrovich**, postgraduate student

(e-mail: [bag.falkova@gmail.com](mailto:bag.falkova@gmail.com))

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia

**Popova Anastasia Yurievna**, master's student

(e-mail: [popova\\_anyu@edu.bstu.ru](mailto:popova_anyu@edu.bstu.ru))

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia

Scientific supervisor - **Gorlov Alexander Semyonovich**, Candidate of Sciences in Technology, associate professor

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia

**INTRODUCTION OF MODERN COMPUTER MODELING SOFTWARE SYSTEMS  
IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

**Abstract.** *This article discusses the use of modern software systems in the educational process in technical areas and in particular in the energy sector. The programs used are presented and their role in the process of training highly qualified specialists is shown.*

**Keywords:** *mathematical analysis, mathematical modeling, computer modeling, modern education, learning process.*

## **СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье приведено краткое описание современных, наиболее эффективных методов и средств технической диагностики и оценки состояния, использование которых желательно, и возможно, в системах диагностического мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов.*

*Ключевые слова: диагностика, техническое состояние, диагностический мониторинг, трансформатор.*

На сегодняшний день используется и реализуется на практике множество преобразовательных систем мониторинга, отличающихся своей конструкцией, назначением, стоимостью и т.д. Производителями этих систем являются разного рода отечественные и иностранные предприятия. Одна из наиболее известных фирм с именем «DIMRUS» динамично занимается разработками в этом направлении, полностью реализуя принципы организации диагностического мониторинга на базе последних современных технических и программных средств.

В эксплуатации трансформаторов большое значение имеет контроль влажности и концентрации растворенных газов в трансформаторном масле. Состояние масла в баке трансформатора в наибольшей степени определяет состояние системы изоляции и надежность самого трансформатора. Самое главное – контролировать влажность масла. От этого во многом зависят теплоизоляционные его свойства.

Для того, чтобы принять решение о необходимости установки стационарных приборов контроля параметров масла, нужно взять во внимание следующие факты. Периодические анализы на влажность масла и в твердой изоляции змеевиков, на состав и концентрацию растворенных газов, производятся часто и являются стандартной процедурой. Такие анализы проводят-

ся персоналом с отбором проб (периодическим контролем), решающим большинство проблем, связанных с изменением параметров масла.

Для наиболее важных трансформаторов целесообразно использовать устройства непрерывного контроля содержания влаги и растворенных газов в масле.

Повреждения высоковольтных вводов относительно других элементов трансформатора встречаются чаще, чем других элементов, и по некоторым данным достигают 20-30% от общего числа аварий трансформаторов. По этой причине любая система диагностического контроля трансформаторного оборудования обязательно должна включать в себя первичные датчики и необходимое оборудование для измерения тангенса угла потерь и емкости  $C1$  вводов в режиме «онлайн».

Потребность в использовании систем мониторинга актуальна для разных типов изоляции. Это заключение справедливо как для маслонеполненных, так и для современных вводов с RIP-изоляцией. Такая изоляция не является гарантией безаварийных ситуаций, однако стоит заметить, что ущерб от аварий трансформаторов из-за выхода из строя ввода, как правило, значительно меньше.

Оперативная проверка состояния изоляции вводов и обмоток трансформатора по уровню и распределению частичных разрядов является относительно новым методом. В настоящее время метод достаточно апробирован и можно говорить о его практической эффективности и особенно о высокой чувствительности к дефектам на ранних стадиях его развития. Этот метод всегда должен быть включен в системы мониторинга диагностики трансформаторного оборудования.

Следует основательно подойти к выбору поставщика диагностического оборудования, предназначенного для измерения и анализа распространения частичных разрядов в изоляции трансформатора. Используемое диагностическое оборудование должно быть максимально защищено от влияния высокочастотных помех, уровень которых в энергосистемах достаточно высок. Достоверность полученных результатов во многом зависит от эффективности системы разделения помех.

Одним из обязательного измерения для силовых трансформаторных подстанций можно считать измерение температуры бака. Все действующие сегодня силовые трансформаторы имеют в составе устройств релейного управления и защиты различные датчики температуры, устройства индикации и даже системы блокировки.

Данные о температуре бака трансформатора необходимы в системе диагностического мониторинга для двух целей. Во-первых, определить направление изменения температуры бака, исходя из текущих технологических параметров, а во-вторых, уточнить выводы диагностики по тем параметрам, которые имеют общую тенденцию с температурой бака трансформатора.

Надежность системы регулирования напряжения понижающих трансформаторов под нагрузкой (РПН) во многом определяет качество электропитания потребителей. В современных экономических условиях значимость этого параметра значительно возрастает, в связи с чем ужесточаются требования к качеству электроснабжения промышленных и бытовых потребителей. По этой причине увеличивается количество трансформаторов, в которых контролируется состояние переключателей ответвлений под нагрузкой.

Наиболее важно использовать систему диагностического контроля РПН для трансформаторов, работающих в режиме автоматического поддержания напряжения на стороне подключения внешнего потребителя электрической энергии. При условии, что все изменения РПН производятся оперативным персоналом, система мониторинга РПН не является обязательной.

Как правило, большинство технологических параметров работы трансформатора включены в систему АСУ-ТП. В этой структуре диагностического контроля понижающих трансформаторов необходимо контролировать только параметры, влияющие на точность диагностических заключений. Подобную информацию можно получить по имеющимся каналам связи от систем управления передачей первого уровня и устройств релейной защиты и автоматики. Такой маневр используется в экономических целях, для уменьшения стоимости работы.

*Список литературы*

1. Михеев, Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования / Г.М. Михеев. - М.: ДМК, 2015. - 298 с
2. Равин, А.А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования: Учебное пособие / А.А. Равин. - СПб.: Лань, 2019. - 240 с.

***Pudovinnikova Maria Vitalievna, student***

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Smakova Angelina Ravilievna, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Levkin Vladislav Alekseevich, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

**SYSTEMS OF DIAGNOSTIC MONITORING AND ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF POWER TRANSFORMERS**

***Abstract.*** *This article provides a brief description of the modern, most effective methods and tools for technical diagnostics and condition assessment, the use of which is desirable, and possible, in diagnostic monitoring systems for power transformers and autotransformers.*

***Key words:*** *diagnostics, technical condition, diagnostic monitoring, transformer.*

## **ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЕ ПОДСТАНЦИИ**

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье рассматриваются внедрение в практику эксплуатации систем диагностического мониторинга практически всегда приводит к переосмысливанию, как используемых методов диагностики, так и применяемой нормативной базы.*

*Ключевые слова: диагностика, мониторинг, техническое состояние.*

Внедрение системы мониторинга работу обусловлено переходом на другую, более современную систему обслуживания оборудования, называемую «обслуживание по текущим техническим условиям», которая реализуется на оборудовании, находящемся в эксплуатации.

В первую очередь это относится к методам проверки технического состояния высоковольтного оборудования, которые необходимо проводить в режиме «on-line» под рабочим напряжением. Три требования этих методов контроля могут быть использованы в системах непрерывного мониторинга для контроля состояния оборудования, которые могут быть построены следующим образом.

Методы диагностики, применяемые в системах мониторинга, должны работать в режиме «on-line», то есть должны позволять оперативно оценивать состояние работающего оборудования. Это очень важное ограничение, так как большинство широко применяемых традиционных методов диагностики предполагают автономный режим, то есть оборудование, выведенное из эксплуатации. Для использования в системах мониторинга очень полезны новые методы анализа, разработанные для этой цели. Для применения этих методов необходимо использовать методы микропроцессорной и вычислительной техники. Необходимость и обязательность использования методов оперативного анализа (автоматизированных экспертных систем) в системах мониторинга создает дополнительные проблемы. Большая часть этих проблем связана с редактированием опубликованной информации. Чаще всего приходится решать следующие вопросы:

– Значения параметров состояния высоковольтного оборудования, определенные в режиме «on-line», часто отличаются от их значений, полученных в режиме «off-line» и установленных изготовителями. Наиболее известным примером этого является метод расчета тангенциальной втулки,

который дает разные значения при рабочем напряжении и при испытательном напряжении.

– Необходимость использования новых интегральных схем в качестве высоковольтных устройств. Это связано с невозможностью измерения некоторых важных нормативных технических параметров, предписанных на практике, под рабочим напряжением. Физический смысл каждого нового параметра управления, который может быть определен системой онлайн-мониторинга, должен быть четко определен и объяснен обслуживающему персоналу.

– Все намного сложнее из-за отсутствия правовой базы для новых, вводимых и стандартизированных параметров. По этой причине очень часто используют техническое состояние оборудования, которое было определено при выпуске, как оригинальное и «безошибочное». Это еще одна причина, по которой во многих случаях перед изменением системы контроля проводится предварительный осмотр оборудования обычными методами и способами.

Информация от первичных датчиков системы мониторинга может быть дополнена данными периодических проверок, проводимых обслуживающим персоналом высоковольтного оборудования. Такая возможность всегда должна присутствовать в системах диагностического мониторинга. Она позволяет повысить информативность итоговых экспертных заключений и снизить затраты на внедрение систем мониторинга.

Каждый метод, используемый в системе мониторинга для проверки состояния устройства, должен сочетаться со встроенной экспертной системой, которая в идеале работала бы в автоматическом режиме. Это требование определяется практическим назначением систем мониторинга, когда необходимо произвести быструю диагностику и принять решение о текущем техническом состоянии оборудования «on-site» (на месте). Системы мониторинга, чьи выходные данные представляют собой просто набор необработанных данных, могут иметь потенциал для существования, но практическая польза от их применения весьма сомнительна.

Важнейшим компонентом системы диагностического мониторинга единой технологической цепочки для электроэнергетики является экспертная система верхнего уровня. Это система, которая должна интегрировать информацию от различных методов диагностики, работающих с конкретным оборудованием. Высшим уровнем экспертной оценки состояния контролируемого оборудования по целевой функции системы является комплексная оценка всего оборудования подстанции.

Только на основе этой сравнительной оценки всего энергетического оборудования можно будет решить важнейшую задачу диагностического контроля - выявить критические задачи в единой технологической цепочке всей электростанции. Только на основе работы высшего уровня комплексной экспертно-диагностической системы формируется сравнительное заключение о техническом состоянии каждого звена контролируемой под-

станции, что является наиболее важным. Только так следует планировать все ремонтно-сервисные работы.

Только такие системы диагностического мониторинга, которые оснащены многоуровневыми экспертными системами, могут решить свою основную задачу - предотвратить возникновение аварийных режимов работы высоковольтного оборудования.

*Список литературы*

1. Михеев, Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования / Г.М. Михеев. - М.: ДМК, 2015. - 298 с
2. Равин, А.А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования: Учебное пособие / А.А. Равин. - СПб.: Лань, 2019. - 240 с.

*Pudovinnikova Maria Vitalievna, student*

*Smakova Angelina Ravilievna, student*

*Levkin Vladislav Alekseevich, student*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

#### **REQUIREMENTS FOR METHODS FOR DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF EQUIPMENT USED IN MONITORING SYSTEMS SUBSTATION EQUIPMENT**

**Abstract.** *This article discusses the introduction of diagnostic monitoring systems into the practice of operation almost always leads to a rethinking of both the diagnostic methods used and the applicable regulatory framework.*

**Keywords:** *diagnostics, monitoring, technical condition1.*

#### **ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье приведено краткое описание методов и средств диагностики, использование которых желательно в системах диагностического мониторинга выключателей и комплектных распределительных устройств.*

*Ключевые слова: диагностика, техническое состояние, диагностический мониторинг, выключатель, КРУ.*

Системы диагностического мониторинга, предназначенные для коммутационных аппаратов, обязательно ориентированы на задачу возможности определения функций контролируемого оборудования для осуществления очередного коммутационного цикла выходной линии на более сложных и

опасных условиях. По нормам технических требований такое переключение должно осуществляться управляемым выключателем при условиях, указанных на данное коммутационное устройство в технической документации.

Для достижения поставленной задачи эксплуатация системы мониторинга коммутационного оборудования должна осуществляться с четкой реализацией оперативной диагностики состояния трех основных подсистем.

- Определение остатка технического ресурса главных контактов коммутационного аппарата. Этого параметра должно быть достаточно для отключения максимальных токов короткого замыкания на выходной линии.

- Определение технического состояния двигателя коммутационного аппарата, которое должно быть достаточным для коммутации. Технический ресурс должен позволять оператору трансформатора завершить начатый маневр.

- Контроль технического состояния системы изоляции трансформатора, надежно работающей в условиях пульсирующих перенапряжений. В процессе нахождения активного ключа его выделение должно отвечать всем необходимым требованиям.

В процессе эксплуатации система диагностического контроля коммутационного оборудования должна создавать условия для непрерывной работы выключателя в специальных режимах, таких как работа с автоматическим отключением.

Исходя из того, что главные контакты автоматического выключателя во время работы всегда находятся под полным рабочим напряжением, определение срока службы выключателя в контролируемом режиме может осуществляться только косвенным путем. Таких методов на практике довольно много, и эффективность их действия при индивидуальном применении в режиме наблюдения обычно недостаточна для достоверного диагностического результата.

Перечень возможных методов диагностики применительно к практическому использованию в режиме «online»:

- Классический метод управления коммутацией ресурсов, который формировался на основе информации об измерении значения мощности межфазного короткого замыкания, просуммированного во всех ответственных трансформаторах. Недостатком этого способа можно считать то, что система не считывает реальное техническое состояние контактов.

- Косвенный метод контроля состояния главных контактов, по величине тока через выключатель, времени и типу замыкания и размыкания главных контактов, и сравнения работы отдельных фаз между собой. В то же время они пытаются анализировать кривые нарастания и спада токов через контакты с помощью быстродействующих АЦП, связанных с состоянием поверхности основных контактов.

- Косвенный метод контроля состояния главных контактов, определяемый по типу и длительности дуги при ее выключении. Время горения можно определить на основе анализа специализированных сигналов от первичных датчиков. Следующие индикаторы могут быть эффективными источниками информации об интенсивности и продолжительности дуги в выключателе:

- Сигналы вибрации от датчиков, установленных на поверхности бака выключателя. Это часто используется в маслonaполненных автоматических выключателях с металлическим баком.

- Чувствительные сигналы частичных разрядов, импульсов тока и перенапряжения, которые устанавливаются в цепях заземления автоматических выключателей.

- Сигналы электромагнитного излучения от дуги на контактах, регистрируемые с помощью антенн (для выключателей с неметаллическим корпусом, например, воздушных и вакуумных).

Преобразовательные устройства комплектуются агрегатами совершенно другой конструкции. Выключатели могут иметь электромагнитное, электромеханическое, пневматическое срабатывание и т. д. Именно от технического состояния привода зависит надежность всего коммутационного устройства, его техническая способность замыкать - размыкать главные и вспомогательные контакты с заданной скоростью и динамическими параметрами.

*Список литературы*

1. Михеев, Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования / Г.М. Михеев. - М.: ДМК, 2015. - 298 с
2. Равин, А.А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования: Учебное пособие / А.А. Равин. - СПб.: Лань, 2019. - 240 с.

***Pudovinnikova Maria Vitalievna, student***

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Smakova Angelina Ravilievna, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Levkin Vladislav Alekseevich, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

**BASIC REQUIREMENTS FOR DIAGNOSTIC MONITORING SYSTEMS OF HIGH-VOLTAGE EQUIPMENT**

***Abstract.*** *This article provides a brief description of the diagnostic methods and tools, the use of which is desirable in the systems of diagnostic monitoring of circuit breakers and complete switchgears.*

***Keywords:*** *diagnostics, technical condition, diagnostic monitoring, switch, switchgear*

## **ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

*Пудовинникова Полина Витальевна, студент  
(e-mail: polinarudovinnikova@gmail.com)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент  
(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Смакова Ангелина Равильевна, студент  
(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье рассматривается негативное влияние на экологию в результате эксплуатаций воздушных линий электропередачи. Последствия для окружающей среды.*

*Ключевые слова: окружающая среда, энергообъект, изоляция, воздушная линия.*

Воздушные линии электропередач оказывают негативное влияние на окружающую среду, особенно на экологические, социальные и экономические системы. Для строительства ЛЭП необходимо отводить землю под опору и расчистку при прохождении ЛЭП через лес. Последствия землеустройства и обезлесения выражаются следующим образом:

1. В уничтожении ценных сельскохозяйственных угодий, а именно: в уничтожении посевов, верхних плодородных слоев земли при строительстве линий и, как следствие, в уменьшении объемов сельскохозяйственного производства;

2. Ограничить функции водоохраны, водорегулирования, борьбы с эрозией, регулирования климата, защиты почв и защиты лесных полей;

3. Изменение среды обитания животных и птиц, их генофонда (участок вырубке леса для прокладки 1 км ЛЭП напряжением до 10 кВ, а также ЛЭП напряжением 35, 110, 220, 330 В). и 750 кВ соответственно 0,7; 3.4.3.2.3.7 5,6,5 га/км при ширине очистки 7, 7, 34, 37, 56 и 85 м).

Делегированная ВЛ изменяет рельеф местности и влияет на условия проживания жителей линии: создает дискомфорт из-за акустического шума, исходящего от линии, влияние на телевидение, связь, радио, необходимость обеспечения безопасности и протяженность . постоянства в зоне отчуждения линии из-за напряженности поля Высокого электрофореза и повышенной концентрации озона и оксидов азота.

В США, в отличие от стран СНГ, максимальные концентрации озона и оксидов азота установлены на уровне 0,08 и 0,05 ppm соответственно. При этом максимальная концентрация озона, возникающая в течение одного часа, не должна превышать чаще одного раза в год. За максимальную концентрацию NOx принимается среднее арифметическое значение года. В зоне отчуждения ухудшаются условия работы сельскохозяйственных машин и механизмов из-за механических препятствий, создаваемых опорами

и линейными тросами, а возможности применения нахлыстового и машинного орошения ограничены. При проведении ремонтных работ на линии возможно повреждение сельскохозяйственных растений и повреждение плодородных слоев почвы. Линии создают препятствия на путях миграции животных и птиц, оказывают электромагнитное воздействие на параллельные им воздушные линии электропередач. Эстетическое воздействие ВЛ на окружающую среду в основном связано с высотой и архитектурными формами опор, а также цветом всех элементов ЛЭП, то есть всего того, что влияет на внешний вид и, следовательно, на визуальную форму. И эстетическая реализация линии электропередач.

Эстетическое и визуальное восприятие воздушной линии электропередач можно улучшить, спрятав ее в землю, то есть обеспечив соответствие общего вида линии основному характеру местности, а именно:

1. Придание приятным глазу линиям армирования архитектурных форм за счет использования высокопрочных сталей для изготовления арматуры, что позволяет уменьшить площадь поперечного сечения стальных элементов армирования и создать за счет начала от них более изящные линии; используйте столбцы с узким основанием, которые создают впечатление меньшего объема, чем столбцы с широким основанием; использование крестовых хомутов для металлических опор с углом наклона 45 градусов;

2. Прокладка в общем коридоре линий с однотипными опорами одинаковой высоты (но не слишком большой), окрашенными в один цвет и закрепленными в определенном порядке, с пролетами одинаковой длины (окраска опор выполняется наиболее подходящими для фона местности фотоабсорбирующими красками - темно-зелеными или черными)

3. Принять меры к тому, чтобы металлические поверхности опор, проводов, тросов и линейной арматуры не блестели на солнце (покрасить оцинкованные части линейной арматуры темной краской, произвести пескоструйную обработку поверхности стальных и алюминиевых тросов перед их установкой, покрытие фарфоровых изоляторов цветными эмалями, применение полимерных изоляторов и др.). Др.).

В целом воздушные линии электропередач не представляют существенной угрозы для окружающей среды, так как не загрязняют воздух, воду и землю.

Альтернативой воздушным линиям являются кабельные линии электропередач, применение которых при номинальном напряжении электросети выше 35 кВ ограничено их дороговизной и большой силой нагрузки, требующей применения надежных средств перекрестной компенсации.

Для обеспечения безопасности и нормальной эксплуатации воздушных линий электропередачи будут установлены:

- 1- Охранные зоны вдоль линий, проходящих через населенные пункты, разграниченные параллельными прямыми линиями, отстоящими от наружных кабелей на расстояниях

2. Расстояния (то есть горизонтальные расстояния от крайних проводов линии при их наибольшем отклонении до ближайших выступающих частей зданий и сооружений), которые должны быть не менее 2,4, 6, 8, 40 м для линий напряжением до 20, 35...110, 220, 330, 750 кВ соответственно;

3. Лесные просеки шириной, равной расстоянию между крайними проводами плюс 3 м с каждой стороны от наружной проволоки (с деревьями высотой до 4 м) или более высоты основного леса с каждой стороны от наружной проволоки (при высоте дерева более 4 метров).

*Список литературы*

1. Постановление Правительства Москвы № 219 -ПП от 28.03.06 «О целевой среднесрочной экологической программе г. Москвы на 2006 - 2008 г. (редакция на 05.12.2006)»

2. Байдаков С.Л. Гашо Е.Г. Эффективные системы жизнеобеспечения мегаполисов - основа устойчивого развития государства.// Энергетическая политика. 2005 г. № 3.

*Pudovinnikova Polina Vitalievna, student*

*Pudovinnikova Maria Vitalievna, student*

*Smakova Angelina Ravilevna, student*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

**ENVIRONMENTAL FRIENDLY OPERATION OF OVERHEAD POWER LINES**

**Abstract.** *This article discusses the negative impact on the environment as a result of the operation of overhead power lines. Consequences for the environment.*

**Keywords:** *environment, power facility, insulation, overhead line.*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

*Пудовинникова Полина Витальевна, студент*

*(e-mail: polinapudovinnikova@gmail.com)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье приведено сокращенное описание методов и средств организации охраны труда на предприятиях, которые используют в работе с кабельными линиями линий.*

*Ключевые слова: экстренная ситуация, энергообъект, изоляция, кабельная линия.*

Кабельная линия электропередачи является проводником электрической энергии, который состоит из одного или нескольких кабелей, покрытых изоляционным материалом.

Прокладываются кабели разными способами, в зависимости от территориальных, архитектурных, экономических и эксплуатационных особенно-

стей места, где предполагается прокладка. От этого зависит и материал, изготовленной изоляция. Главное ее предназначение – это защита проводника от влаги, воздействия различных кислот, механических повреждений, а также обеспечение безопасного использования персоналом.

Техническое обслуживание кабельных линий электропередач при их нормальной бесперебойной работе должно осуществляться строго в установленные сроки. В экстренных ситуациях ремонт обслуживания производится по необходимости – незамедлительно.

Первым этапом при техническом обслуживании является осмотр на наличия видимых повреждений. К ним относятся повреждение целостности изоляционного покрытия и выход на поверхность высоковольтного кабеля. Также осматриваться должны и соединения.

Следующий этап состоит из измерений сопротивления в жилах, в местах их соединения и крепления проводов, и проверки колодцев кабельных линий. Помимо проверки и допуска к эксплуатации непосредственно кабельных ЛЭП, обязательно осуществляется осмотр близлежащей территории. Проверяется наличие знаков, указывающих на наличие ЛЭП в данной местности. Также проводится контроль теплового режима проводников во время их эксплуатации.

Прокладка кабельных линий и монтаж арматуры должны проводиться в соответствии с действующими «Правилами устройства электроустановок», «Инструкцией по прокладке кабельных линий напряжением до 110кВ» и «Технической документацией на муфты для кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией до 35кВ».

Выбор конструкции кабелей в зависимости от условий прокладки и использования надлежит производить в соответствии с рекомендациями «Единых технических указаний по выбору и применению электрических кабелей»

В настоящей инструкции приведены указания по техническому обслуживанию (обходы, осмотры, испытания и т. д.) и капитальному ремонту кабельных линий в процессе их эксплуатации.

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей имеют целью обеспечить надёжную, безопасную, рациональную эксплуатацию электроустановок и содержание их в исправном состоянии (далее – Правила). Основным технологическим звеном энергопроизводства в Российской Федерации являются Генерирующие и Сетевые компании совокупность которых составляют электростанции, котельные, электрические и тепловые сетей (далее - энергообъекты), связанные общностью режима работы и имеющие централизованное оперативно-диспетчерское управление. Правила распространяются на организации, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, индивидуальных предпринимателей и граждан - владельцев электроустановок напряжением до и выше 1000 В. В Правилах изложены основные организационные и технические требования к эксплуатации энергетических объектов, неуклонное выпол-

нение которых обеспечит экономическую, надёжную и слаженную работу всех звеньев энергетических систем. Требования к проектированию, строительству, монтажу, ремонту и устройству энергоустановок, и оснащению их средствами контроля, автоматики и защиты изложены в настоящих Правилах кратко, поскольку они рассматриваются в других нормативно-технических документах. Все действующие нормативно-технические документы должны быть приведены в соответствие с настоящим изданием правил.

Основной задачей электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей является производство, преобразование, распределение и отпуск электрической энергии и тепла потребителям (далее - энергопроизводство).

На каждом энергообъекте между структурными подразделениями должны быть распределены функции и границы по обслуживанию оборудования, зданий, сооружений и коммуникаций. Энергообъекты должны осуществлять:

- развитие производства для удовлетворения потребностей в электрической энергии и тепле;
- эффективную работу электростанций и сетей путем снижения производственных затрат, повышения эффективности использования мощности установленного оборудования, выполнения мероприятий по энергосбережению и использованию вторичных энергоресурсов;
- повышение надёжности и безопасности работы оборудования, зданий, сооружений, устройств, систем управления, коммуникаций;
- обновление основных производственных фондов путем технического перевооружения и реконструкции электростанций и сетей, модернизации оборудования;
- внедрение и освоение новой техники, технологии эксплуатации и ремонта, эффективных и безопасных методов организации производства и труда;
- повышение квалификации персонала, распространение передовых методов производства.

Надзор за техническим состоянием и проведением мероприятий, обеспечивающих безопасное обслуживание оборудования и сооружений, рациональным и эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов осуществляют органы Государственного контроля и надзора.

*Список литературы*

1. Правила устройства электроустановок, Седьмое издание. М., «Издательство НЦ ЭНАС», 2002 г.
2. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (РД 153-340-03.150-00), М., «Издательство НЦ ЭНАС», 2003 г.

*Pudovinnikova Polina Vitalievna, student*

*Pudovinnikova Maria Vitalievna, student*

*Levkin Vladislav Alekseevich, student*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

## **ORGANIZATION OF LABOR SAFETY DURING OPERATION OF CABLE LINES**

**Abstract.** *This article provides an abbreviated description of the methods and means of organizing labor protection at enterprises that are used in working with cable lines.*

**Keywords:** *emergency, power facility, insulation, cable line*

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ**

*Пудовинникова Полина Витальевна, студент*

*(e-mail: polinapudovinnikova@gmail.com)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье приведено сокращенное описание методов и средств диагностики, которые используются на практике для контроля состояния изоляции кабельных линий.*

*Ключевые слова: диагностика, мониторинг, изоляция, кабельная линия.*

Для высоковольтных кабельных линий напряжением 110 кВ и выше широко применяется метод контроля состояния изоляции, основанный на измерении и анализе параметров волоконно-оптической линии связи. Эта линия обычно прокладывается при изготовлении кабеля на заводе и размещается внутри защитного экрана кабельной линии. Система контроля технического состояния кабельных линий в литературе обычно называется ДТС (распределенный датчик температуры).

Оборудование метода DTS дает возможность контролировать температуру кабеля в любой точке вдоль него, используя для исследования функции источника оптических импульсов. При этом учитываются специфические процессы затухания и преломления этого оптического сигнала в линии в зависимости от того, насколько горяч был кабель. Наличие локальных точек перегрева в контролируемой кабельной линии обычно свидетельствует о проблемах с изоляцией на этом участке.

Недостатком этого метода является то, что локальный перегрев на отдельных участках возникает уже на поздних стадиях развития дефекта изоляции, когда выделяемой в очаге повреждения энергии достаточно для нагрева относительно большой серии кабельных линий.

Способ диагностики дефектов изоляции кабельных линий наиболее чувствителен, чем предыдущий, потому что позволяет обнаруживать дефекты на ранних стадиях их развития. Минимальная чувствительность этого метода заключается в том, что неисправности, выделяющие вокруг себя энер-

гию в доли ватт, могут быть диагностированы, когда еще не произошел нагрев кабельной линии.

В качестве датчиков частичных разрядов в изоляции кабельных линий часто применяют высокочастотные трансформаторы тока марки RFCT (Radio Frequency Current Transformer) различных модификаций и конструкций. Эти датчики устанавливаются на заземлителях экранов кабельных линий. В условиях эксплуатации, при определенных условиях прокладки фазных кабелей, через экран кабельной линии (по экрану), при определенных условиях, могут протекать токи промышленной частоты, пропорциональные рабочим токам кабельной линии. Во избежание насыщения магнитных сердечников в датчиках типа RFCT сердечник датчика не должен быть полностью закрыт. В полость сердечника вводят непроводящую немагнитную вставку толщиной 2-5 мм в зависимости от потенциальной величины тока промышленной частоты.

Часть рынка, которая специализируется на первичных датчиках частичных разрядов, для контроля изоляции кабельных линий занимает разделительные конденсаторы, подключаемые к полному рабочему напряжению контролируемой линии. Емкостные датчики частичных разрядов совершенно не чувствительны к токам промышленной частоты, которые протекают через экран кабельной линии, но имеют большие габариты и относительно дороги.

В различных практических случаях, когда экран кабеля не соединен с землей в контролируемой точке или отсутствует жгут заземления, применяют датчики, которые представляют собой алюминиевые экраны, обрабатывающие часть жилы кабеля в броню. Эта дополнительная защита центральной части кабеля заземляется проводником, проходящим через датчик марки RFCT. Абсолютное преимущество данной схемы в контроллере датчика преобразователя RFCT состоит в том, что на нее не влияют промышленные токи, протекающие через экран кабельной линии.

Одной из наиболее важных и глобальных проблем принято считать препятствие широкому распространению метода регистрации и анализа частичных разрядов в изоляции кабельных линий, является его низкая помехоустойчивость. В высоковольтных сетях имеется много высокочастотных импульсов, имеющих параметры, близкие к импульсам частичных разрядов в изоляции. Очень велика вероятность регистрации сигналов «импульсного частичного разряда» на датчике (установленном в конце кабельной линии) извне или от соседних кабельных линий. Это существенно снижает достоверность диагностических заключений системы мониторинга.

Особенно большую сложность вызывает реконструкция от наведенных помех условия распределительных устройств, в частности крупных, где большое количество высоковольтных кабельных линий, соединенных с общими лентами через выключатели, может быть сосредоточено в ячейках в одном помещении, рядом стоящих по территориальному признаку.

По этой значительной причине к техническим средствам регистрации частичных разрядов в изоляции кабельных линий предъявляются очень жесткие требования, в частности по обеспечению высокой помехозащищенности. Для решения этой задачи разработчикам систем мониторинга обычно используют весь арсенал современных технических и программных средств регистрации и анализа импульсов. А это:

- Анализ формы и частотные характеристики каждого регистрируемого импульса в режиме реального времени. Лучше всего проводить такой анализ в режиме реального времени, что требует очень высокой производительности от средств технического мониторинга.

- Многоканальная запись каждого импульса, при этом проводится анализ полярности каждого импульса, сравнительный анализ амплитудных характеристик импульсов по разным каналам. При этом учитывается разница во времени прихода импульсов из разных мест на плате, от датчиков, установленных на разных проводных линиях в непосредственной близости друг от друга, возможность пересечения импульсов и т. д.

- Вычислительные методы декогеренции с учетом зависимости между временем прихода импульсов и фазой питающей сети (фаза АФФР – частотное распределение импульсов частичных разрядов). Т.Ф.П.

- Требуется применение автоматизированных экспертных систем для определения вида и места дефектов изоляции кабельных линий.

*Список литературы*

1. Михеев, Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования / Г.М. Михеев. - М.: ДМК, 2015. - 298 с
2. Равин, А.А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования: Учебное пособие / А.А. Равин. - СПб.: Лань, 2019. - 240 с.

***Pudovinnikova Polina Vitalievna, student***

*(e-mail: polinapudovinnikova@gmail.com)*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Pudovinnikova Maria Vitalievna, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Levkin Vladislav Alekseevich, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

**BASIC REQUIREMENTS TO METHODS OF DIAGNOSTICS OF THE STATE OF HIGH VOLTAGE LINES**

***Abstract.*** *This article provides an abbreviated description of the diagnostic methods and tools that are used in practice to monitor the condition of cable line insulation.*

***Keywords:*** *diagnostics, monitoring, isolation, cable line.*

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ**

*Родионов Владислав Александрович, студент*

*(e-mail: rodionov.vladislav.2702@gmail.com)*

*Достов Роман Геннадьевич, студент*

*(e-mail: DostovR@yandex.ru)*

*Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина*

*В данной статье изложены принципы распоряжения ресурсами помогающие понять, какие технологии использовать и как применять их на практике в долгосрочной перспективе. А также рассмотрены случаи практического применения ресурсосбережения в разных отраслях.*

*Ключевые слова: энергия, процесс, топливо, дизель, компания, производство, сгорание, технология, управление, затрата, изменение, ресурс, сократить, анализ, источник, потребление.*

По мере роста благосостояния и населения мира будет расти и спрос на энергию. Предприятия и правительства должны серьезно подумать о том, как они производят и используют энергию. Энергоэффективность, которую иногда называют «пятым топливом» (после угля, газа, атомной энергии и возобновляемых источников энергии), может сыграть важную роль в удовлетворении мировых потребностей в энергии и мобильности.

Производство, на которое приходится половина мирового потребления энергии, не является несбыточной мечтой, чтобы удовлетворять потребности в энергии экономически и экологически эффективным способом. Инновационные технологии могут значительно сократить потребление энергии и сэкономить промышленности более 600 миллиардов долларов в год.

- Разработайте стратегию ресурс производительности внутри организации. Например, электростанция в Индонезии снизила себестоимость мегаватта на 7 процентов за четыре месяца, создав показатели эффективности и затем систематически отслеживая их.

- Используйте концепцию теоретического предела — анализ, определяющий наименьшее количество энергии, необходимое для данного процесса, — чтобы ставить амбициозные, но реалистичные цели. Это способствует творческому мышлению, которое может обеспечить существенное повышение производительности ресурсов. Одно китайское металлургическое предприятие пересмотрело свои теоретические ограничения и проанализировало основные источники операционных убытков; на этой основе она изменила свою деятельность, чтобы использовать отработанное тепло для производства дополнительной энергии, что значительно снизило производственные затраты.

- Просмотрите полное уравнение прибыли при внесении изменений. Оцените такие компромиссы, как пропускная способность, доходность, энергопотребление и окружающая среда в целом — изменения в одном, скорее всего, повлияют на другие. Прибыль должна быть главным фактором при принятии окончательных решений. Применяя расширенный статистический анализ, фармацевтическая компания смогла увеличить свою прибыль на 20 процентов при том же количестве энергии.

- Внесение и поддержание изменений — это не только вопрос технического совершенствования; это также означает изменение мышления, поведения и системы управления во всей организации.

- Рассматривайте свой продукт как будущий ресурс, который можно использовать неоднократно, переходя от обычной линейной цепочки поставок к кругам поставок. Глобальная компания, предоставляющая услуги по обработке данных, применила принцип «мысли по кругу», используя аналитику для проектирования объекта, который оптимизировал энергию для выполнения ее наиболее важной функции. Это привело к увеличению производительности и снижению капитальных затрат.

Наиболее распространенный в прошлом свинцово-кислотный тип аккумуляторов сегодня уходит на второй план. Развитие технологий в области накопления энергии позволило создать принципиально новый тип тяговых батарей.

Компания выпускает литий-ионные батареи для погрузочной и складской техники, которые служат в несколько раз дольше обычных и не требуют для подзарядки специального персонала и зарядной комнаты. Подзарядить такую батарею можно за 6 минут, тем самым сократив расходы электроэнергии при зарядке на 30%. Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в водном растворе серной кислоты, что делает процесс зарядки довольно опасным. Литий-ионные аккумуляторные устройства, напротив, не имеют в своем составе кислот и тяжелых металлов и не выделяют опасных испарений, что повышает экологичность производства. Энергетический модуль компании превосходит аналоги за счет большей ёмкости, отсутствия необходимости в специальных зарядных устройствах, возможности рекордно быстрой зарядки без снижения эксплуатационных характеристик и увеличения числа зарядно-разрядных циклов.

Дизельные двигатели как автономные силовые установки являются наиболее перспективными источниками энергии на транспорте с точки зрения экономии природных ресурсов. В целях повышения топливной экономичности и удельной мощности дизельных двигателей для дальнейшего развития транспортной энергетики требуется использование энергосберегающих технологий. Такие технологии создания дизелей основаны на комплексном совершенствовании и оптимизации рабочего цикла и составляющих его процессов. Особое внимание уделяется обеспечению эффективного сгора-

ния топлива в рамках ограничений, налагаемых выбросом вредных веществ в выхлопные газы и термомеханически нагруженными деталями. В целях обоснованного выбора способа управления процессом сгорания на основе анализа физико-химических характеристик внутрицилиндровых процессов разработана уточненная математическая модель сгорания топлива в дизелях. В основе определения эффективности выбора и управления процессом горения лежит дифференцированный подход к оценке управляющих воздействий. По результатам расчетно-экспериментального цикла синтеза в дизелях разработаны основные принципы управления процессом сгорания топлива. Внедрение разработанных методических рекомендаций и передовых практик управления процессом сгорания топлива повышает технический уровень и конкурентоспособность дизелей, повышает эффективность использования топлива на 5...7%, снижает термомеханическую нагрузку, максимальную температуру и давление газа в цилиндре на 5...6 % и выбросов, в том числе – твердых частиц (сажи) – 25...30 % и оксидов азота – 18...20 %, общий и высокий уровни шума работающего дизеля снижаются на 2...2,5 % и на 5...7% соответственно.

В то время как операционные усовершенствования могут снизить потребление энергии на 10–20 %, инвестиции в энергоэффективные технологии могут повысить его до 50 % и более. Например, затраты на охрану окружающей среды в чистых помещениях можно сократить с 50 до одной пятой от энергопотребления, а также можно добиться значительных успехов в производстве цемента, рафинирования и производства стали. Выше были выявлены реальные примеры в различных отраслях, где компании значительно сократили затраты на электроэнергию и окупили свои инвестиции за три года или меньше.

*Список литературы*

1. Стартапы из науки: ресурсосберегающие технологии.
2. Новые энергосберегающие технологии в транспортной энергетике
3. Технологии, которые могут изменить использование энергии в промышленности

**Rodionov Vladislav Alexandrovich**, student

(e-mail: rodionov.vladislav.2702@gmail.com)

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russia

**Dostov Roman Gennadievich**, student

(e-mail: DostovR@yandex.ru)

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russia

## **RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN INDUSTRY AND TRANSPORT**

**Abstract.** This article outlines resource management principles to help you understand which technologies to use and how to put them into practice in the long term. And also considered cases of practical use of resource saving in various industries.

**Keywords:** energy, process, fuel, diesel, company, production, combustion, technology, management, cost, change, resource, reduce, analysis, source, consumption

УДК 621.311

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА УСТРОЙСТВА  
ЛЕТАЮЩЕЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ***Рубцов Николай Игоревич, аспирант**(e-mail: nrubcov85@gmail.com)**Бурковский Виктор Леонидович, д.т.н., профессор**(e-mail: bvl@vorstu.ru)**Воронежский государственный технический университет*

*В данной статье рассматриваются влияние электромагнитных помех на устройства летающей сенсорной сети, особенно на беспилотные устройства, и возможности их защиты от помех.*

*Ключевые слова: электромагнитные помехи, сенсорная сеть, квадрокоптер*

Надежность летающей сенсорной сети определяется многими параметрами, в данной статье рассмотрим влияние электромагнитных помех (ЭМП) на летающий беспилотный аппарат с установленной аппаратурой, которую необходимо перемещать над сенсорным полем. Наиболее часто для этих целей используют квадрокоптер.

Индустриальные ЭМП, чаще всего создают импульсные поля с большой напряженностью как магнитного, так и электрического поля, они представляют опасность для квадрокоптеров. Помехи, которые создается внешним источником, и воздействуют на системы управления квадрокоптером, могут проникать через материал и апертуру корпуса, по кабелям, которые соединяют двигатели с инверторами.

ЭМП, возникающие в системе и подсистемах управления квадрокоптером, можно отнести к кондуктивным (проникающим по сигнальным и силовым проводникам) и излучаемым помехам. Эффект воздействия зависит от амплитуды и длительности импульсов. Локализация энергии в этих точках может привести к отказу элементов, находящихся близко к этой области.

К особой категории можно отнести преднамеренные ЭМП, создаваемые электромагнитным оружием, которые не рассматриваются в этой работе, так как в основном решается вопрос защиты от собственных помех, создаваемых в процессе функционирования сети.

Электромагнитные помехи (ЭМП) воздействуют не только на информационный сигнал, который необходимо передать от сенсорного датчика к устройству приема и обработки информации, но и на систему управления квадрокоптером. При этом устройства, установленные на нем, также создают эти помехи. Если исходить из критических значений помех для элементов системы управления, например, интегральные схемы –  $10^{-7}$  Дж, то необходимо решать вопрос о влиянии ЭМП на динамику и статику всех подсистем, работающих при полете, съеме и передачи информации.

На рисунке 1 показаны основные источники ЭМП, действующих на квадрокоптер летающих сенсорных сетей.



Рисунок 1 - Источники ЭМП, действующих на квадрокоптер летающих сенсорных сетей

Точность позиционирования квадрокоптера относительно датчиков сенсорного поля так же влияет на достоверность передачи сигналов, поэтому задача защиты системы управления полетом квадрокоптера и систем управления электроприводов несущих винтов с бесконтактными двигателями постоянного тока (БДПТ) является актуальной для летающих сенсорных сетей.

Рассмотрим случай малых отклонений, тогда скорости  $\omega$  всех тяговых винтов можно считать практически постоянными величинами. При обработке сигналов обратной связи с помощью наблюдателей состояний может возникнуть запаздывания.

Запаздывание возникает из-за необходимости снятия и обработки информации в регуляторе с наблюдателем скорости или в модифицированном регуляторе.

Замкнутая система для этого промежутка времени представлена на рисунке 1.

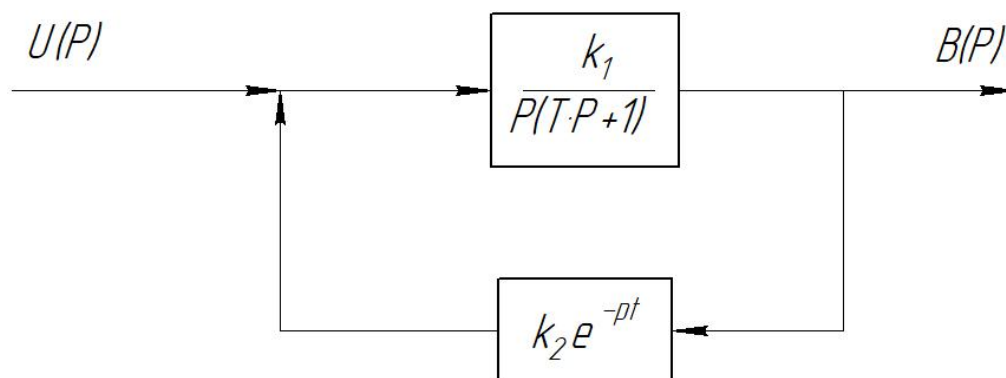


Рисунок 2 - Структурная схема замкнутой системы при запаздывании сигнала обратной связи

Переходная функция замкнутой системы

$$U(p) = \frac{k}{Tp^2 + p + k_1 k_2 \cdot e^{-p\tau}}$$

Процесс запаздывания можно считать не идеальным и для расчета заменить аperiодическим звеном звено запаздывания

$$e^{-p\tau} = \frac{1}{\tau p + 1},$$

$\tau$ - время запаздывания.

Характеристическое уравнение (знаменатель функции  $U(p)$ ) будет иметь вид

$$U(p) = T\tau p^3 + (\tau + T)p^2 + p + k_2$$

При  $\tau < \frac{T}{T \cdot k_1 k_2 - 1}$

Система будет устойчивой и может отработать это рассогласование.

Всё бортовое оборудование квадрокоптера, которое может излучать помехи, а так же реагировать на ЭМП, распределено в пространстве квадрокоптера. Связь между большинством устройств осуществляется с помощью кабельных систем, таких как коаксиальный кабель, витая пара и других. Максимальная мощность, коммутируемая при управлении квадрокоптером, осуществляется в четырех силовых инверторах электроприводов с БДПТ.

ЭМП, создаваемые как в квадрокоптере, так и извне, могут привести к частичному нарушению работы отдельных устройств, и в некоторых случаях к нарушению функционирования всего бортового оборудования, которое приведет к потере управляемости и не возможности получения информации с сенсорных датчиков полей.

*Список литературы*

1. Рубцов Н.И. Сенсорная сеть для контроля электромагнитных помех от электроприводов/Н.И. Рубцов // Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». Оренбург. - 2022. С. 19-22.
2. Рубцов Н.И. Источники электромагнитных помех в системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/ Н.И. Рубцов Н.И., О.А. Киселёва, М.А. Чесноков, Д.Д. Киселёва// Материалы XXIX международной научно-практической конференции «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований» Bengaluru, India 27-28 июня 2022 г. С. 110-113.
3. Нуриев М.Г. Физическое моделирование электромагнитных помех для прогнозирования помехоустойчивости бортовой вычислительной техники БПЛА / М.Г. Нуриев// Технологии электромагнитной совместимости. – 2019. – № 1. – С. 41-51.
4. Рубцов Н.И. Оптимизация КПД при обеспечении электромагнитной совместимости преобразователей частоты электроприводов/ Н.И. Рубцов, В.Л. Бурковский // Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий «Научная опора Воронежской области» Воронеж. - 2022. С. 131-133.
5. Рубцов Н.И. Воздействия интегральных промышленных электромагнитных полей на технические системы/ Н.И. Рубцов// Материалы XXVIII международной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии». Morrisville.- 2021. С. 121-124.

***Rubtsov Nikolay Igorevich***

*(e-mail: nrubcov85@gmail.com)*

*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

***Burkovsky Viktor Leonidovich, professor***

*(e-mail: bvl@vorstu.ru)*

*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

**THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE ON THE DEVICES OF THE FLYING SENSOR NETWORK**

***Abstract.*** *The paper examines the effect of electromagnetic interference on the devices of the flying sensor network, especially on unmanned devices, and the possibilities of their protection against interference.*

***Keywords:*** *electromagnetic interference, sensor network, quadcopter*

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПАНИЯМИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Руденко Вероника Викторовна, к.т.н., доцент*

*(e-mail: rudencko@list.ru)*

*Носиков Даниил Николаевич, магистр*

*(e-mail: nosikov-daniil@mail.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье рассматриваются особенности внедрения энергосберегающих технологий в транспортную сферу, возможность замены двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на электродвигатели. Перечислены основные качества и отличия современных электродвигателей от ДВС.*

*Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, системы рекуперации энергии, ДВС, рассредоточенность, энергоэффективные технологии, электродвигатели.*

Ресурсосберегающие технологии стали актуальной темой в современном мире. В этой связи, все большее количество производственных предприятий и транспортных компаний переходят на использование ресурсосберегающих технологий.

Ресурсосберегающие технологии позволяют не только сокращать затраты предприятий на энергоносители, одновременно уменьшая их вредное воздействие на окружающую среду, но и способствуют повышению конкурентоспособности компаний.

Одной из основных областей, где широко используется ресурсосберегающие технологии, является транспорт.

Так, для повышения эффективности и сокращения потребления топлива в автомобилях разработаны новые технологии, такие как: системы уменьшения трения, понижающие потери энергии, связанные с трением внутри двигателя, они могут включать в себя использование легких и прочных материалов, изменение формы поверхностей и применение смазочных материалов; системы рекуперации энергии, обеспечивающие повышение эффективности двигателя и снижение расхода топлива путем восстановления энергии, которая обычно теряется при торможении или при ускорении; системы автоматической остановки двигателя, позволяющие сократить расход топлива.

Для сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу применяют системы очистки отработавших газов, которые обеспечивают удаление вредных веществ из отработавших газов с помощью использования различных фильтров и катализаторов; системы уменьшения выбросов дизельных двигателей, включающие в себя применение сажевые фильтры, используемые для улавливания твердых частиц, а также системы уменьшения концентрации оксидов азота и других вредных веществ; системы

управления топливом, которые позволяют снизить выбросы вредных веществ и повысить эффективность двигателя путем управления температурой сгорания топлива и соотношением воздуха и топлива.

Для эффективного использования энергии и сокращения ее потребления наибольшее распространение получили системы регенеративного торможения. Эти системы позволяют использовать энергию, выделяющуюся при торможении, для зарядки батарей, питающих электрические системы в автомобиле. Системы улучшения аэродинамики снижают расход топлива и уменьшают выбросы вредных веществ путем улучшения аэродинамических свойств автомобиля, таких как форма кузова.

Огромное значение внедрению ресурсосберегающих технологий уделяет транспортная компания ОАО «Российские железные дороги». Так, была разработана и актуализирована Энергетическая стратегия (ЭС) Холдинга «Российские железные дороги» на перспективу до 2030 года [1]. Основная цель ЭС Российских железных дорог — управление процессами потребления энергоресурсов и повышение эффективности их использования во всех сферах деятельности, в первую очередь — в области железнодорожных перевозок. Эту цель предполагается достигнуть путём внедрения инновационных технических средств и технологий, повышающих энергетическую эффективность технологических процессов [1].

Основной задачей ЭС является улучшение показателей энергоэффективности перевозочного процесса, что в конечном итоге выразится в росте объёмов перевозок. С момента принятия ЭС наблюдается значительное снижение удельного расхода энергоресурсов в обоих видах тяги — электрической и дизельной (рис.1).

На снижение удельного расхода ТЭР на тягу поездов к 2023 г. повлияли такие факторы как: снижение количества ограничений, скорости движения поездов — на 60%; уменьшение количества неграфиковых остановок поездов — на 13%; снижение времени нагона пассажирских поездов — на 67%; уменьшение времени прогрева локомотивов в ожидании работы — на 38%; увеличение среднего веса грузового поезда — на 0,5–1%; увеличение нагрузки на ось грузового вагона — на 1,4–2,5% [1].

Значительный вклад в снижение удельного расхода электроэнергии на тягу поездов вносит повышение эффективности применения рекуперативного торможения [2].

Железнодорожный транспорт, как стабильный потребитель энергоресурсов, вырабатываемых топливно-энергетическим комплексом страны, полностью зависит от состояния и перспектив его развития.

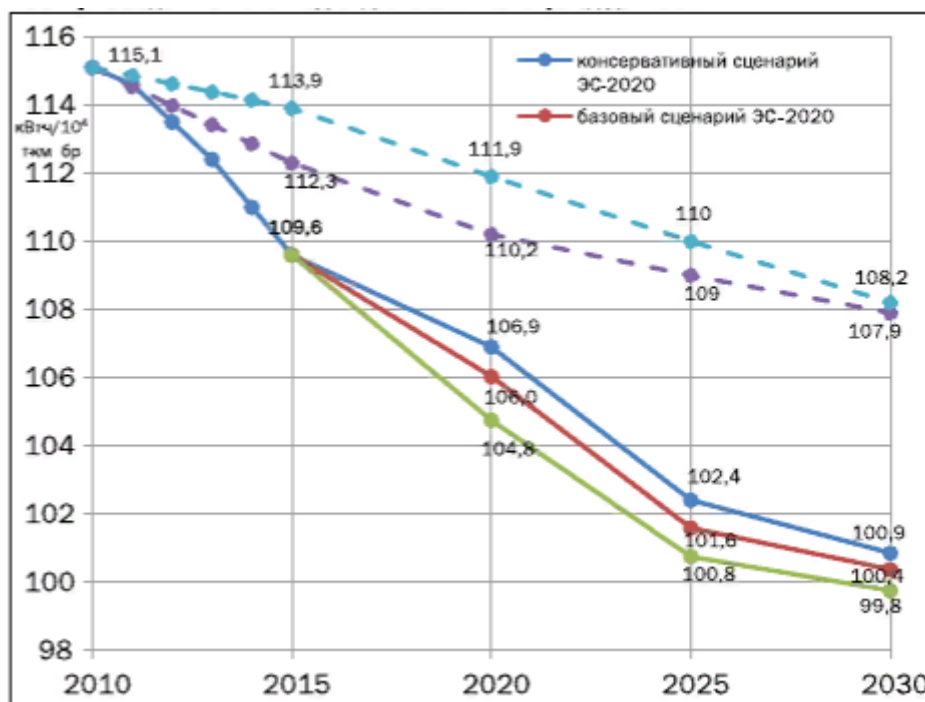


Рис.1 Прогноз изменения удельного расхода электрической энергии на тягу поездов во всех видах движения на период до 2030 года

Все большую актуальность в сфере ресурсосберегающих технологий транспортные компании видят в переходе автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) на электродвигатели.

Электродвигатели обладают рядом преимуществ по сравнению с ДВС: они более эффективны в использовании энергии - для передачи мощности от электродвигателя к колесам потребуется меньше энергии, чем для передачи мощности от ДВС; электродвигатели гораздо более экологичны, не выделяют вредных выбросов в атмосферу, что позволяет существенно улучшить экологическую ситуацию в городах, кроме того, электродвигатели работают более тихо, что также является важным фактором в городской среде; электродвигатели требуют меньшего технического обслуживания, они имеют меньшее количество подвижных деталей и не нуждаются в масле и других жидкостях для работы, что снижает расходы на техническое обслуживание.

Кроме того, электродвигатели более долговечны. Они имеют меньшее количество подвижных деталей и, следовательно, меньше подвержены износу [3]. Кроме того, за счет более эффективного использования энергии, они имеют меньшие нагрузки при работе, что также продлевает их срок службы.

Однако, основным недостатком электродвигателей является их зависимость от электроэнергии. Кроме того, необходимо иметь в виду, что зарядка аккумуляторов может занимать значительное время, что требует определенной организации процесса эксплуатации.

В заключение можно отметить, что ресурсосберегающие технологии стали неотъемлемой частью современного производства и транспорта. Они позволяют сократить затраты, одновременно уменьшая нагрузку на окружающую среду и являются перспективным направлением, представляющим несомненный интерес для большинства транспортных компаний.

*Список литературы*

1. Актуализация Энергетической стратегии ОАО «Российские железные дороги» на перспективу до 2030 года. Инновации транспорта. Государственные приоритеты. №1 (39) 2020, стр.6-10.

2. Гнездилова Ю.П., Жданов С.И., Калуцкий Е.С. Особенности применения электропривода в сельском хозяйстве // В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 37-38.

3. Грашков, С. А. Модификация поверхностей деталей плунжерных пар дизельных топливных насосов карбидами путем химико-термической обработки / С. А. Грашков, В. И. Колмыков // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2019. – Т. 9, № 2(31). – С. 83-96.

4. Электротехника и электроника/ Руденко В.В.// (учеб. пособие) / Курск, 2006.

5. Электроника, микропроцессорные средства и техника связи/ Руденко В.В., Назаренко Ю.В.// учеб. пособие для выполнения лаб. работ / Курск, 2006.

6. Повышение эффективности энергосберегающих технологий/ Руденко В.В.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 69-71.

7. Цифровая трансформация электроэнергетики/ Руденко В.В., Богатырев Д.А., Фетисов В.С.// В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 139-141.

8. Перспективы внедрения цифровых технологий в АПК/ Руденко В.В., Маркова А.А.// В сборнике: Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 82-85.

**Rudenko Veronika Viktorovna**, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

(e-mail: rudencko@list.ru)

**Nosikov Daniil Nikolaevich**, *student*

(e-mail: nosikov-daniil@mail.ru)

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanova*

## **ADVANTAGES OF USING RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES BY TRANSPORT COMPANIES**

**Abstract:** *This article discusses the features of the introduction of energy-saving technologies in the transport sector, the possibility of replacing internal combustion engines (ICE) with electric motors. The main qualities and differences of modern electric motors from internal combustion engines are listed.*

**Keywords:** *resource-saving technologies, energy recovery systems, internal combustion engines, dispersal, energy-efficient technologies, electric motors.*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА**

*Руденко Вероника Викторовна, к.т.н., доцент  
(e-mail: rudencko@list.ru)*

*Булавинов Евгений Константинович, студент  
(e-mail: bulavinov\_evg@mail.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье рассматривается возможность внедрения современных интеллектуальных подстанций взамен устаревшим аналоговым в электросетевой комплекс с целью повышения надежности и качества электроснабжения потребителей. Перечислены основные преимущества цифровых подстанций.*

*Ключевые слова: интеллектуальная электросеть, электроэнергия, цифровая подстанция, энергоэффективность, интеллектуальная подстанция.*

Одной из ключевых задач современной электроэнергетики является цифровая трансформация электросетевого комплекса, которая направлена на повышение управляемости электросетевыми объектами, модернизацию системы учета, снижение потерь электрической энергии, что способствует значительному повышению надежности и качеству электроснабжения потребителей.

Интеллектуальная сеть [1] представляет собой одну из современных электрических сетей с информационными, автоматизированным и интерактивными характеристиками. Одним из главных элементов интеллектуальной электросети является интеллектуальная цифровая подстанция.

Интеллектуальная подстанция применяет экологически безопасное оборудование со средствами измерения, мониторинга, интеллекта для автоматического сбора, защиты, контроля и других операций.

В отличие от традиционных подстанций цифровая подстанция создает условия для интеллектуального управления оборудованием подстанций с помощью современных методов обработки и анализа данных, которые основаны на передовых сенсорных технологиях[2]. Интеграция первичного и вторичного оборудования реализуется с помощью интеллектуального преобразования традиционного первичного оборудования с использованием электронных измерительных трансформаторов и технологий мониторинга на основе текущего состояния. Требования МЭК-61850 обеспечивает унифицированную информационную модель и стандарт интерфейса для системы автоматизации подстанции.

Чтобы энергосети были экономичными и надежными используют «интеллектуальные» узлы. С помощью применения современного силового оборудования, а также новых вычислительных технологий и систем связи,

можно произвести самовосстанавливающуюся адаптивную систему обеспечения энергией. Интеллектуальные энергосистемы связываются с конечными пользователями на уровне домохозяйств или предприятий и предотвращают возможности сбоев, констатируют наличие неисправностей[2].

Пока автоматизированная система управления делает возможным передачу и распределение электричества, Центр управления контролирует работу энергосети. Интеллектуальная подстанция принимает ключевые решения, собирает нужную информацию, управляет распределительными устройствами, готовит и отправляет отчеты о работе оборудования и энергопотреблении в Центр управления.

Интеллектуальная подстанция осуществляет интеллектуальное регулирование оборудованием подстанций с помощью новых способов анализа сведений и оценки информации, базирующихся на передовых сенсорных технологиях. Это является главным отличительным признаком интеллектуальной подстанции. Первичное и вторичное оборудование объединяется при помощи интеллектуальной модификации классического первичного оборудования с использованием технологий прогнозирования и электронных измерительных трансформаторов. Трансформаторы и переключатели с интеллектуальными элементами, являющиеся основными устройствами, должны гарантировать объединение функций измерения, прогнозирования, регулирования, защиты и другие функции. Требования МЭК-61850 гарантируют стандартную информационную модель и стандарт интерфейса для структуры автоматизации подстанции[2].

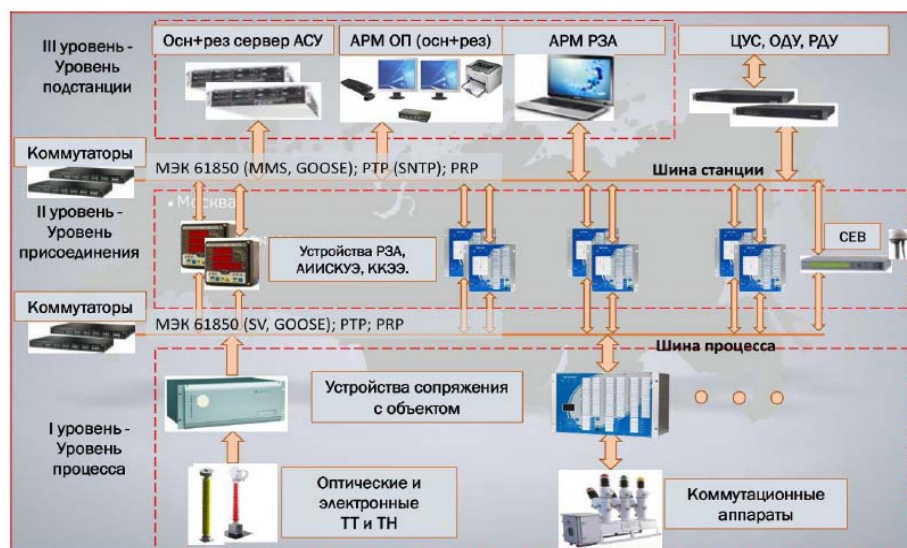


Рис.1. Структура цифровой подстанции

Цифровая подстанция решает следующие вопросы: обеспечивает способность к взаимодействию устройств; унифицирует информационные протоколы обмена данными; обеспечивает наблюдаемость каналов сбора, передачи информации и управления; сокращает кабельное хозяйство

вследствие применения необслуживаемых волоконно-оптических соединений; упрощает способы тиражирования первичной информации; применяет устройства с обновляемым программным обеспечением; снижает метрологические потери во вторичных цепях; формирует единую систему диагностики; осуществляет переход к выполнению удаленной диагностике; унифицирует механизмы конфигурирования подстанции; обеспечивает переход к необслуживаемым подстанциям[2].

Интеллектуальная подстанция обладает рядом преимуществ: сокращает длительность перерывов в электроснабжении потребителей в аварийных режимах работы – уменьшает недоотпуск электрической энергии; подстанция управляется автоматически, не требует участия оперативного персонала с АРМ диспетчера, снижает затраты на обслуживание; увеличивает точность измерений (особенно при токах менее 10-15%  $I_n$ ); уменьшает потребление по цепям переменного тока и напряжения (в результате применения оптических трансформаторов тока и напряжения) [4]; сокращает возможность появления дефектов типа «земля в сети постоянного тока»; осуществляет самодиагностику и дистанционную диагностику оборудования – ремонт по фактическому состоянию, снижение затрат на обслуживание.; в интеллектуальной подстанции отсутствует электрическая связь между первичным и вторичным оборудованием, что повышает безопасность; осуществляется видеоконтроль операций на подстанции; обеспечивает контроль всех действий на подстанции в журнале событий[3].

Помимо преимуществ интеллектуальная подстанция имеет и недостатки: в ней отсутствует единая нормативная база на проектирование, различные производители применяют собственные профили, которые не совместимы между собой без работ по адаптации, при этом они не противоречат базовому стандарту 61850 8.1.; значительная часть сигналов, которая касается диагностических параметров в стандарте недоопределена и отдана на откуп производителей и интеграторов[3].

В заключение хотелось бы отметить, что единое направление усовершенствования интеллектуальной подстанции - это цифровизация, регулирование сетью, ультракомпактное оборудование, комплексные функции, отладка на производстве, сервис на базе действующего состояния и информационное контактирование. В дальнейшем технологии развития интеллектуальных подстанций предполагают глобализированный и стандартизированный сбор информации.

#### *Список литературы*

1. Вэньлян Чжан, Чжуанчжи Лю, Минцзюнь Ван и др. «Состояние исследований и тенденции развития интеллектуальных сетей», Power System Technology, 2009 г., Выпуск 33 (13): С. 1-11.
2. Лукьянов М.Р. «Исследование технологий интеллектуальных подстанций», Журнал №16 «Образование и наука в России и за рубежом», 2019. – С.231-234.
3. Руденко, В. В. Самостоятельная работа студентов как средство формирования профессиональных компетенций / В. В. Руденко, С. А. Грашков // Образование. Инновации. Качество: материалы VI Международной научно-методической конференции,

Курск, 22–23 мая 2014 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2014. – С. 221.

4. Калущкий Е.С., Степашов Р.В., Хомяков Д.С., Штань Н.О. К вопросу об электромагнитных областях и полях воздушных линий электропередач // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 172-175.

5. Электротехника и электроника/ Руденко В.В.// (учеб. пособие) / Курск, 2006.

6. Электроника, микропроцессорные средства и техника связи/ Руденко В.В., Назаренко Ю.В.// учеб. пособие для выполнения лаб. работ / Курск, 2006.

7. Повышение эффективности энергосберегающих технологий/ Руденко В.В.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 69-71.

8. Цифровая трансформация электроэнергетики/ Руденко В.В., Богатырев Д.А., Фетисов В.С.// В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 139-141.

9. Перспективы внедрения цифровых технологий в АПК/ Руденко В.В., Маркова А.А.// В сборнике: Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 82-85.

**Rudenko Veronika V.**, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

(*e-mail: rudencko@list.ru*)

**Bulavinov Evgeny Konstantinovich**, *student*

(*e-mail: bulavinov\_evg@mail.ru*)

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*

## **INTELLIGENT SUBSTATIONS AS THE MAIN ELEMENT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ELECTRIC GRID COMPLEX**

**Abstract:** *This article discusses the possibility of introducing modern intelligent substations instead of outdated analog ones into the power grid complex in order to improve the reliability and quality of power supply to consumers. The main advantages of digital substations are listed.*

**Keywords:** *intelligent power grid, electric power, digital substation, energy efficiency, intelligent substation.*

## ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ СНЧ

*Садовая Ирина Игоревна, аспирант*

*(sadovayaii@mail.ru)*

*Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия*

*Данная статья посвящена СНЧ (сверхнизкая частота) испытаниям, а именно тому, чтобы понять, как правильно испытывать электрооборудование, с помощью данного метода.*

*Ключевые слова: сверхнизкая частота, испытания, высоковольтный кабель.*

Как было уже исследовано ранее, что для испытания кабеля из сшитого полиэтилена необходимо использовать переменное напряжение, что частота нужна сверхнизкая, но осталось определиться с уровнем напряжения и длительностью испытаний. С точки зрения длительности испытания, было проведено много эмпирических тестов и было выявлено, что 100 случаев пробоя видно через час испытания, отсюда и появился тайминг 60 минут (рисунок 1) [1-5].

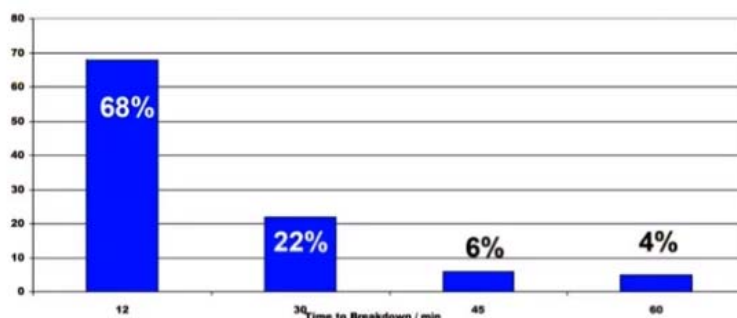


Рисунок 1 – Статистика СНЧ испытаний

Соответственно, через 30 минут мы видим 90% испытания и ключевое отличие как раз между сшитым полиэтиленом и бумажно - масляными кабелями в том, что, конечно, время испытаний здесь возросло минимум на 30 минут на каждую фазу [6-9].

На сегодняшний день существует следующая современная нормативная база — это как раз основной стандарт 400.2 - 2013, в котором прописаны все основные моменты по испытанию и на самом деле в дополнениях к нему есть информация и по диагностике кабельных линий. Соответственно потом появился немецкий аналог вышеописанного стандарта - DIN VDE 0276 - 620. Затем появились уже наши ГОСТы, и основной ГОСТ по испытаниям кабельных линий СНЧ — это ГОСТ Р 55 25 - 2012. Если говорить про отраслевые нормы, то самый яркий из них — это объем норм испытаний 2017 года ПАО Россети электрооборудования стандартов, в котором указаны все необходимые величины, время испытаний для кабелей в бу-

мажно - масляных и для сшитого из полиэтилена, для всей структуры Рос-сетей [10-14].

Для тестирования СНЧ кабельных линий сверхнизкой частотой, для высоковольтных тестов, расчёт напряжения очень простой, например, если у кабеля нужно испытывать трехкратным фазным напряжением, а именно, если кабель 10 кВ, то по табличным данным нужно подавать фазное около 18 кВ. Это то напряжение, которое необходимо прикладывать к сверхнизкой частоте. Это то напряжение, которое необходимо прикладывать и к кабельной линии 10 кВ для того, чтобы провести испытания. Время теста уже известно из вышесказанного - 30 - 60 минут в зависимости от стандарта. Забегая вперёд, ГОСТ Р 55025 - 2012 основной в нём тайминг – это 60 минут на фразу (рисунок 2).

Вычисление испытательного трехкратного фазного напряжения СНЧ -  $3xU_0$ (кВ)  
согласно действующих стандартов

каб.лин.	Крат.	$3xU_0$ (кВ)
35	1,73	<b>60,62177826</b>
10	1,73	17,32050808
6	1,73	10,39230485

Пересчет амплитудного в действующее значение

Наименование	U(кВ) амп.		U(кВ)эффективное
HVA-90	90	1,41	<b>63,63961031</b>
HVA-60	60	1,41	42,42640687
HVA-30	30	1,41	21,21320344

Рисунок 2 – Полезные цифры

Если говорить про другие номиналы, все по аналогии, для кабеля 35 кВ, нужно 60 кВ действующего значения и обязательно не забываем, что у переменного напряжения есть 2 характеристики - это естественно, действующее значение и амплитудное, то есть они отличаются в корень из 2 раза (рисунок 2). И это нужно обязательно учитывать при расчёте напряжения, надо подавать действующее значение [15-18].

В процессе испытаний кабельных линий применяют разнообразную линейку установок серии HVA. Вообще, если говорить конкретно про данные установки, то дословно это установки не для испытания кабельных линий. Так уже просто сложилось, но на самом деле это приборы для испытания объектов с большой ёмкостью, как ранее выяснилось, снижение частоты позволяет получить довольно высокую мощность и таким образом вы можете с помощью них испытывать на сверхнизкой частоте емкости, выключатели, трансформаторы двигателя, изоляторы.

Когда речь идет об испытании высоковольтном, то самое важное при этом испытании убедиться, что изоляция оборудования может выдержать приложенное напряжение. То есть самое важное — это амплитуда этого напряжения понять, и выдержит ли оборудование эту амплитуду в течение заданного времени, так для бумажно - масляных кабелей — это 5 минут для изоляторов одна минута. Соответственно надо понимать, что частота в каком-то смысле имеет второстепенное значение. И таким образом, если речь идёт о высоковольтных испытаниях какого-то подстанционного обо-

рудования, часто для этого используют, например, самые распространённые приборы серии АИД – 70. Но у данного устройства есть проблема, его мощности может не хватить для определенного испытания, для этого существуют высоковольтные установки 50 Гц, более мощные, более высоковольтные, но основная проблема в том, что часто, а точнее всегда это огромная по габаритам, весу оборудование, тяжёлое маслonaполненное или газовое, которым происходит испытание таких объектов. Соответственно, если используется установка СНЧ, даже самой маленькой мощности, например той же НВА 28, которая весит всего 14 кг в противовес АИД установкам, который весит 70 кг, и у которого мощности не хватит для испытания обмотки двигателя допустим. Вопрос в другом, что с точки зрения нормативов российских, пока ничего кардинально не изменилось и основное применение высоковольтных СНЧ испытаний относится к кабельным линиям [19,20].

Но на самом деле применять можно СНЧ установки для любого другого оборудования, кроме высоковольтных линий, если это делать в отрыве от нормативной базы.

#### *Список литературы*

1. Определение удельной продуктивности растений от параметров установки переменного облучения / А. П. Пустовалов, А. А. Полякова, А. М. Алешов, М. В. Мануев // *Материалы Международной научно-практической конференции* – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 188-191.
2. Каширин, Д. Е. Энергосберегающая установка для сушки перги / Д. Е. Каширин, А. А. Полякова, Е. А. Соловьева // *Материалы национальной научно-практической конференции*, Рязань, 12 декабря 2016 года – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – С. 72-75.
3. Патент № 2578782 С1 Российская Федерация, МПК F26В 9/06. Установка для сушки перги: № 2015109205/06: заявл. 16.03.2015: опубл. 27.03.2016 / Д. Е. Каширин, С. Н. Гобелев, Д. Н. Бышов [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО РГАТУ.
4. Электрофизические методы первичной обработки молока / М. С. Скобля, С. О. Фатьянов, А. С. Морозов [и др.] // – 2020. – № 2(11). – С. 175-179.
5. Полякова, А. А. К вопросу снижения энергоёмкости при использовании шнекового смесителя / А. А. Полякова // *Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов*, Троицк, 16–17 декабря 2015 года – Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. – С. 231-233.
6. Результаты исследований температурно-влажностного режима хранения зерна в герметичном металлическом контейнере с регулируемой воздушной средой, установленного на открытой площадке под навесом / М. Б. Латышенко, Н. М. Латышенко, А. А. Слободскова, А. В. Ивашкин // *Материалы Национальной научно-практической конференции*, Рязань, 20 ноября 2020. – С. 163-167.
7. Кипарисов, Н. Г. Проведение настроечных экспериментов на лабораторной установке вертикального миксера / Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. – 2013. – № 2(18). – С. 55-58.
8. Слободскова, А. А. Результаты исследования влияния времени на процесс смешивания концентрированных кормов без использования активатора / А. А. Слободскова // *Научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 70-летию*

доктора ветеринарных наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Республики Саха (Якутия) Павловой Александры Иннокентьевны, Якутск, 10 ноября 2020 года. – Якутск: Дани-Алмас, 2021. – С. 159-163.

9. Применение акселерометров для определения точного режима движения кормораздатчика / А. А. Слободскова, Н. М. Латышенок, Е. С. Семина, С. О. Фатьянов // Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 205-207.

10. Исследование производительности шнекового смесителя / А. А. Полякова, М. А. Милютин, Д. Е. Каширин [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. – № 1. – С. 158-160.

11. Синхронизация и управление скоростью вращения электропривода постоянного тока / Н. В. Бышов, И. Е. Куцев, Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК: Сборник научных трудов. Посвящается 60-летию инженерного факультета / Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2011. – С. 21-26.

12. Полякова, А. А. Использование уравнения Фоккера-Планка для аналитического обоснования процесса смешивания в шнековом смесителе / А. А. Полякова, Д. Е. Каширин, М. Ю. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 128. – С. 1061-1070.

13. Полякова, А. А. Обоснование параметров смесителя концентрированных кормов: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Полякова Анастасия Анатольевна. – Рязань, 2018. – 200 с.

14. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров шнековых смесителей / Д. Е. Каширин, А. М. Алешов, М. В. Мануев, А. А. Полякова // Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Рязань, 2019. – С. 178-182.

15. К вопросу хранения семенного зерна в вакуум-контейнере / М. Б. Латышенок, В. А. Макаров, Н. М. Латышенок, А. А. Слободскова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Т. 68, № 2(43). – С. 62-67.

16. Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах / Е. С. Семина, О. О. Максименко, А. А. Слободскова [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 2(11). – С. 135-140.

17. Полякова, А. А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика / А. А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 112-115.

18. Куцев, И. Е. Результаты лабораторных исследований смешивания дробленых компонентов кормосмесей в миксере с электроприводом / И. Е. Куцев, А. А. Полякова // Материалы 65-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20–21 мая 2014 года Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2014. – С. 50-52.

19. К вопросу повышения посевных качеств семенного материала / А. А. Слободскова, Е. С. Семина, А. Д. Егоров, В. А. Корнеев // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 2(11). – С. 153-157.

20. Использование электротехнологий для увеличения урожайности огурцов в тепличных условиях / Д. И. Сигунов, С. О. Фатьянов, А. С. Морозов [и др.] // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках Совещания Советов молодых учёных и специалистов аграрных вузов Центрального федерального округа, Рязань, 07–08 апреля 2021– Рязань: РГАТУ, 2021. – С. 142-145.

*Sadovaya Irina Igorevna, PhD student*

*State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

### **TESTING OF ELECTRICAL EQUIPMENT BY THE SNF METHOD**

*This article is devoted to SNF (ultra-low frequency) tests, namely, to understand how to properly test electrical equipment using this method.*

*Keywords: ultra-low frequency, testing, high-voltage cable.*

## **ОТ ИСПЫТАНИЙ К ДИАГНОСТИКЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

*Садовая Ирина Игоревна, аспирант*

*(sadovayaii@mail.ru)*

*Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия*

*В данной статье рассматривается использование при диагностике электрооборудования, на примере кабельных линий, метода измерения  $\operatorname{tg} \delta$  ( $\operatorname{tg}$  диэлектрических потерь).*

*Ключевые слова: испытания, диагностика, кабельные линии.*

Испытывать электрооборудования как оказалось — это плохо. Лучше не испытывать, надо как-то обойтись без того, чтобы подавать на оборудование высокое напряжение, несколько крат, и тем самым воздействовать на него, уменьшать срок службы — это плохо, надо от этого уходить к диагностике, диагностика спасёт от этого разобщающего процесса [1-4].

Если говорить в целом про методы диагностики различного оборудования, допустим на примере кабельных линий. Самые два основных метода — это измерение  $\operatorname{tg} \delta$  и измерения частичных разрядов. Это, так скажем самые информативные, которые прижились несмотря на то, что существует ещё ряд других в научной литературе и можно там встретить до, наверное, 10 различных методов, например такого, как метод возвратного напряжения.

В некоторых источниках можно встретить следующее высказывание — испытание — это разрушающий метод, диагностика - неразрушающий. На самом деле, естественно, это не совсем так, всё равно на кабель идёт воздействие. Просто говорят, что диагностика, менее разрушающий процесс. О чём идёт речь, о том что как и на примере с СНЧ установками, доступны и различные модули диагностики, они так и называются TD, есть TD 30, 60, 90, 120 и 200 то есть модуль по цифре подбирается в общем то к установке [5-10].



Рисунок 1 – Подключение  $\text{tg } \delta$

Цифра означает, по сути, напряжение, а модуль может быть встроен, либо он может быть отдельно, тогда он подключается как по схеме выше на рисунке 1, просто последовательно в цепь между испытательным прибором и объектом, в данном случае кабельной линии [11,12].

И таким образом, ваша система становится диагностической.

В чем суть диагностики  $\text{tg } \delta$ , плюсы и минусы. Плюсы в том, что это достаточно простой вид диагностики, он интуитивно, информативно понятен. Само время диагностики, подготовки к работе небольшое. В случае с установками если модуль встроен, то нет вообще никаких дополнительных подключений. По сути, сначала испытывали кабель, а потом сразу ничего не подключая, не изменяя никаких оперативных переключений возможно делать диагностику, измерять  $\text{tg } \delta$ . Если модуль отдельно, то он ставится просто последовательно в цепь, нет каких-то промежуточных стадий типа калибровки. По сути, анализ результатов очень простой и наглядный. Да,  $\text{tg } \delta$  — это достаточно информативный метод диагностики. Он позволяет оценить состояние кабельной линии количественно, то есть понять, что состояние изоляции этого кабеля, или этого объекта хуже, чем соседнего, потому что испытания этой информации никак не дает. При испытании выдается только ток утечки, но даже для кабелей из сшитого полиэтилена он не нормируется, на него смотреть в принципе бессмысленно. Здесь есть только количественная оценка [13-19].

Минус  $\text{tg } \delta$  в том, что не видно, какое проблемное место, видно лишь общее состояние изоляции, так, в частности, в случае с кабелем и всей кабельной линии.  $\text{tg } \delta$  сильно зависит от температуры и влажности. По сути, в каком-то смысле  $\text{tg } \delta$  косвенно показывает увлажнения кабельной линии, во многих ситуациях зависит от поверхностных токов утечки.

Надо понимать, что необходимо проводить измерения плюс - минус в тех же условиях повторно. Следующий раз для того, чтобы сравнить значение, иначе значения могут довольно сильно отличаться. Но самое основное из недостатков, это естественно отсутствие локализации. Этот минус

минимизируется оптимальным сочетанием с другим методом, таким как MWT – Monitored Withstand Test (контролируемое испытание на электрическую прочность).

*Список литературы*

1. Определение удельной продуктивности растений от параметров установки переменного облучения / А. П. Пустовалов, А. А. Полякова, А. М. Алешов, М. В. Мануев // *Материалы Международной научно-практической конференции* – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 188-191.

2. Каширин, Д. Е. Энергосберегающая установка для сушки перги / Д. Е. Каширин, А. А. Полякова, Е. А. Соловьева // *Материалы национальной научно-практической конференции*, Рязань, 12 декабря 2016 года – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – С. 72-75.

3. Патент № 2578782 С1 Российская Федерация, МПК F26В 9/06. Установка для сушки перги: № 2015109205/06: заявл. 16.03.2015: опубл. 27.03.2016 / Д. Е. Каширин, С. Н. Гобелев, Д. Н. Бышов [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО РГАТУ.

4. Электрофизические методы первичной обработки молока / М. С. Скобля, С. О. Фатьянов, А. С. Морозов [и др.] // – 2020. – № 2(11). – С. 175-179.

5. Полякова, А. А. К вопросу снижения энергоемкости при использовании шнекового смесителя / А. А. Полякова // *Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов*, Троицк, 16–17 декабря 2015 года – Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. – С. 231-233.

6. Результаты исследований температурно-влажностного режима хранения зерна в герметичном металлическом контейнере с регулируемой воздушной средой, установленного на открытой площадке под навесом / М. Б. Латышенок, Н. М. Латышенок, А. А. Слободскова, А. В. Ивашкин // *Материалы Национальной научно-практической конференции*, Рязань, 20 ноября 2020. – С. 163-167.

7. Кипарисов, Н. Г. Проведение настроечных экспериментов на лабораторной установке вертикального миксера / Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. – 2013. – № 2(18). – С. 55-58.

8. Слободскова, А. А. Результаты исследования влияния времени на процесс смешивания концентрированных кормов без использования активатора / А. А. Слободскова // *Научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 70-летию доктора ветеринарных наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Республики Саха (Якутия) Павловой Александры Иннокентьевны*, Якутск, 10 ноября 2020 года. – Якутск: Дани-Алмас, 2021. – С. 159-163.

9. Применение акселерометров для определения точного режима движения кормораздатчика / А. А. Слободскова, Н. М. Латышенок, Е. С. Семина, С. О. Фатьянов // *Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием*, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 205-207.

10. Исследование производительности шнекового смесителя / А. А. Полякова, М. А. Милютин, Д. Е. Каширин [и др.] // *Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. – 2015. – № 1. – С. 158-160.

11. Синхронизация и управление скоростью вращения электропривода постоянного тока / Н. В. Бышов, И. Е. Куцев, Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // *Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК: Сборник научных трудов. Посвящается 60-летию инженерного факультета* / Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2011. – С. 21-26.

12. Полякова, А. А. Использование уравнения Фоккера-Планка для аналитического обоснования процесса смешивания в шнековом смесителе / А. А. Полякова, Д. Е. Каширин, М. Ю. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 128. – С. 1061-1070.

13. Полякова, А. А. Обоснование параметров смесителя концентрированных кормов: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Полякова Анастасия Анатольевна. – Рязань, 2018. – 200 с.

14. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров шнековых смесителей / Д. Е. Каширин, А. М. Алешов, М. В. Мануев, А. А. Полякова // Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Рязань, 2019. – С. 178-182.

15. К вопросу хранения семенного зерна в вакуум-контейнере / М. Б. Латышенко, В. А. Макаров, Н. М. Латышенко, А. А. Слободскова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Т. 68, № 2(43). – С. 62-67.

16. Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах / Е. С. Семина, О. О. Максименко, А. А. Слободскова [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 2(11). – С. 135-140.

17. Полякова, А. А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика / А. А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 112-115.

18. Кущев, И. Е. Результаты лабораторных исследований смешивания дробленых компонентов кормосмесей в миксере с электроприводом / И. Е. Кущев, А. А. Полякова // Материалы 65-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20–21 мая 2014 года Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2014. – С. 50-52.

19. К вопросу повышения посевных качеств семенного материала / А. А. Слободскова, Е. С. Семина, А. Д. Егоров, В. А. Корнеев // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 2(11). – С. 153-157.

*Sadovaya Irina Igorevna, PhD student*

*State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

#### **FROM TESTING TO DIAGNOSTICS OF HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL EQUIPMENT**

*This article discusses the use of the method of measuring  $\operatorname{tg} \delta$  (tg dielectric losses) in the diagnosis of electrical equipment, using the example of cable lines.*

*Keywords: tests, diagnostics, cable lines.*

## ТЕСТИРОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ ЧР

*Садовая Ирина Игоревна, аспирант*

*(sadvayaii@mail.ru)*

*Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия*

*В данной статье рассматривается использование метода ЧР (частичный разряд) при диагностике высоковольтного электрооборудования.*

*Ключевые слова: диагностика, высоковольтное оборудование, метод частичных разрядов в режиме off-line.*

Рассмотрим последний часто используемый пункт в диагностике метод частичных разрядов. Метод частичных разрядов существует в двух способах – off-line и on-line ЧР. В принципе про частичные разряды, можно сказать то, что это вообще не новый метод, что этот метод существует давно. Про частичные разряды знали много лет и измеряли их разными способами, есть различные системы, акустические, в том числе высоковольтные. Рассмотрим off-line способ диагностики, в чем суть — это возможность вывести кабельную линию уже конкретную и найти проблемное место. Пример работы off-line способа рассмотрим на примере СНЧ установки, она же и является генератором [1,2].

Допустим, кабельная линия выведена из строя и для работы, для измерения частичных разрядов нужны дополнительные модули, они называются РД, они так же, как и ТД существуют в разных номиналах 30, 60, 90 и т.д. Соответственно модули включаются в цепь последовательно. На схеме рисунка 1 показана установка СНЧ, есть фильтр, согласующее устройство — это 2 модуля, это и есть, по сути, система, плюс программное обеспечение установлено на компьютере и происходит подключение на кабельную линию последовательно и измеряйте частичные разряды [3-9].

### Частичные разряды Подключение



Рисунок 1 -ЧР (частичные разряды)

Работа выглядит следующим образом, в системе, по сути, есть рефлектометр, он в первую очередь во время калибровки, а работа состоит из подготовки к калибровке, измерения и анализа - 4 основных этапа, он на подготовительном этапе отстреливает кабельную линию. Соответственно, ее уже видно и дальнейшие измерения частичных разрядов происходит непосредственно на прямую на экране, на точках, на длине кабельной линии и сразу видно, где проблемное место, с какой амплитудой и частотой частичные разряды в данном месте появляются. На основе этого можно сделать вывод, что там муфты слабые или что-то в этом роде. Необходимость применения частичных разрядов — это как раз проверка качества муфт после монтажа [10-15].

Если говорить про нюансы ЧР, то естественно, с точки зрения полевых работ сегодня этот метод является сложным, потому что требует больше времени для подключения, просто банально требуется больше проводов, больше модулей и больше времени на подготовку, потому что нужно перед каждым испытанием вместе с приборами перекалибровываться, измерить и потом произвести анализ. Система, конечно, позволяет проводить измерения частичных разрядов и анализ в автоматическом режиме, но всё равно надо понимать, какой процесс делается, потому что есть проблемы и самые основные связанные с отстройкой от шумов. То есть основная задача в том, чтобы несмотря на то, что система фильтрует шумы и по заданному алгоритму вычлняет из них частичные разряды, надо понимать, что перед глазами действительно ли это ЧР или всё-таки это шум, который по алгоритму системы был принят за частичные разряды [16,17].

Это процесс конечно в основе своей не так уж и сложен, просто это время, которое нужно еще дополнительно потратить на анализ результатов.

Это инструмент диагностики, который работает, который применяется во всём мире и, который успешно и применяется у нас. Но он требует больше усилий, чем, например, просто испытания кабельной линии, но он и позволяет получить максимум, получить исчерпывающую информацию о состоянии изоляции кабельной линии, либо другого объекта. Под другими объектами естественно может применяться всё что угодно, программное обеспечение по частичным разрядам оно в первую очередь заточено, конечно под кабельную линию, но на самом деле могут быть и другие объекты, измеренные с  $\text{tg } \delta$  [18-19].

#### *Список литературы*

1. Определение удельной продуктивности растений от параметров установки переменного облучения / А. П. Пустовалов, А. А. Полякова, А. М. Алешов, М. В. Мануев // Материалы Международной научно-практической конференции – Рязань, 2019. – С. 188-191.

2. Каширин, Д. Е. Энергосберегающая установка для сушки перги / Д. Е. Каширин, А. А. Полякова, Е. А. Соловьева // Материалы национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2016 года – Рязань: Рязанский государственный агро-технологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – С. 72-75.

3. Патент № 2578782 С1 Российская Федерация, МПК F26В 9/06. Установка для сушки перги: № 2015109205/06: заявл. 16.03.2015: опубл. 27.03.2016 / Д. Е. Каширин, С. Н. Гобелев, Д. Н. Бышов [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО РГАТУ.
4. Электрофизические методы первичной обработки молока / М. С. Скобля, С. О. Фатьянов, А. С. Морозов [и др.] // – 2020. – № 2(11). – С. 175-179.
5. Полякова, А. А. К вопросу снижения энергоемкости при использовании шнекового смесителя / А. А. Полякова // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов – Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. – С. 231-233.
6. Результаты исследований температурно-влажностного режима хранения зерна в герметичном металлическом контейнере с регулируемой воздушной средой, установленного на открытой площадке под навесом / М. Б. Латышенок, Н. М. Латышенок, А. А. Слободскова, А. В. Ивашкин // Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020. – С. 163-167.
7. Кипарисов, Н. Г. Проведение настроечных экспериментов на лабораторной установке вертикального миксера / Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 2(18). – С. 55-58.
8. Слободскова, А. А. Результаты исследования влияния времени на процесс смешивания концентрированных кормов без использования активатора / А. А. Слободскова // Научно-практическая конференция, Якутск, 10 ноября 2020 года. – Якутск: Дани-Алмас, 2021. – С. 159-163.
9. Применение акселерометров для определения точного режима движения кормораздатчика / А. А. Слободскова, Н. М. Латышенок, Е. С. Семина, С. О. Фатьянов // Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 205-207.
10. Исследование производительности шнекового смесителя / А. А. Полякова, М. А. Милютин, Д. Е. Каширин [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2015. – № 1. – С. 158-160.
11. Синхронизация и управление скоростью вращения электропривода постоянного тока / Н. В. Бышов, И. Е. Кушев, Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // Сборник научных трудов. Посвящается 60-летию инженерного факультета / Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань, 2011. – С. 21-26.
12. Полякова, А. А. Использование уравнения Фоккера-Планка для аналитического обоснования процесса смешивания в шнековом смесителе / А. А. Полякова, Д. Е. Каширин, М. Ю. Костенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 128. – С. 1061-1070.
13. Полякова, А. А. Обоснование параметров смесителя концентрированных кормов: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Полякова Анастасия Анатольевна. – Рязань, 2018. – 200 с.
14. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров шнековых смесителей / Д. Е. Каширин, А. М. Алешов, М. В. Мануев, А. А. Полякова // Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Рязань, 2019. – С. 178-182.
15. К вопросу хранения семенного зерна в вакуум-контейнере / М. Б. Латышенок, В. А. Макаров, Н. М. Латышенок, А. А. Слободскова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Т. 68, № 2(43). – С. 62-67.
16. Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах / Е. С. Семина, О. О. Максименко, А. А.

Слободскова [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 2(11). – С. 135-140.

17. Полякова, А. А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика / А. А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 112-115.

18. Кущев, И. Е. Результаты лабораторных исследований смешивания дробленых компонентов кормосмесей в миксере с электроприводом / И. Е. Кущев, А. А. Полякова // Материалы 65-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20–21 мая 2014 года Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2014. – С. 50-52.

20. Использование электротехнологий для увеличения урожайности огурцов в тепличных условиях / Д. И. Сигунов, С. О. Фатьянов, А. С. Морозов [и др.] // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках Совещания Советов молодых учёных и специалистов аграрных вузов Центрального федерального округа, Рязань, 07–08 апреля 2021– Рязань: РГАТУ, 2021. – С. 142-145.

*Sadovaya Irina Igorevna, PhD student*

*State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

#### **TESTING OF HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL EQUIPMENT BY THE CR METHOD**

*This article discusses the use of the CR (partial discharge) method in the diagnosis of high-voltage electrical equipment.*

*Keywords: diagnostics, high-voltage equipment, partial discharge method in off-line mode.*

### **ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Сариго Надежда Викторовна, к.пед.н., доцент*

*(e-mail: nadezhda.sarigo@yandex.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье проанализирован современный подход к системе наружного освещения на предприятиях АПК, сформулированы принципы, на которых должна строиться данная система.*

*Ключевые слова: электроэнергия, система наружного освещения, предприятия агропромышленного комплекса.*

В настоящее время система освещения является одной из важных составляющих процесса производства, с помощью, которой обеспечиваются оптимальные условия труда и безопасность персонала [1]. Для производственного освещения разработан «Свод правил естественного и искусственного освещения», в котором приведены требования, соответствующие целям Федерального закона от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" и подлежащие обязатель-

ному соблюдению с учетом части 1 статьи 46 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", Федерального закона от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Свод правил устанавливает нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений, а также нормы искусственного освещения сельских территорий, площадок предприятий и мест производства работ вне зданий.

В этих нормативных актах отразился современный подход к использованию электроэнергии, приоритетными характеристиками которых является качество и надежность системы, увеличенный срок службы, энергоэффективность и энергосбережение, а также минимальные требования по техническому обслуживанию [2]. Соответственно приведенным требованиям и нормам, необходимо выстраивать отношения руководства и собственников предприятий АПК к системам наружного освещения. Система освещения не применяется напрямую в производственном процессе, в то же время, затраты на её эксплуатацию, прежде всего, стоимость потребленной электроэнергии, могут составлять, при больших размерах освещаемой территории, весьма значительные суммы. Чаще всего эта проблема решается заменой ламп накаливания на современные экономичные светодиодные, например, светодиодные. При этом, сама система остаётся неизменной: вечером дежурный электрик включает освещение, утром – выключает. Очевидно, что при такой организации системы потенциал экономии электроэнергии реализуется далеко не в полной мере.

Система наружного освещения предназначена для решения двух задач:

1. Обеспечение безопасного перемещения персонала и транспортных средств по территории в темное время суток.
2. Обеспечение мероприятий по предотвращению хищения товарно-материальных ценностей с территории предприятия.

И если для решения второй задачи освещение должно быть включено всегда, но не на всей территории объекта, а в ряде четко локализованных мест: проходные, периметр вокруг объекта, склады, стоянки техники, хранилища ГСМ и т.п., то для решения первой задачи, достаточно оставить дежурное освещение внутренних путей предприятия, входов в здания и включать полное освещение только по необходимости. Очевидно, что при традиционном подходе «электрик, включающий рубильник», такой подход практически нереализуем, хотя бы потому, что включение и выключение линий освещения является далеко не главной обязанностью дежурного электрика. Решением данного противоречия является автоматизация управления системой освещения на основе беспроводных систем передачи данных, таких как LoRaWAN или ZigBee, что особенно актуально для предприятий, имеющих большую территорию.

Система наружного освещения сельхозпредприятий должна строиться на следующих принципах:

- непрерывная управляемость – возможность включения/выключения линий освещения, их диммирования через средства дистанционного управления, без необходимости физического присутствия оператора на пульте или у распределительного щита;
- оснащение «реле времени» - реле размыкает и замыкает контакты в соответствии с заложенной программой. Программу можно разработать с повторением каждые сутки, неделю или годовой цикл;
- применения фотореле – возможно на площадках с техникой, само реле установлено в щитке, датчик вынесен на улицу, реагирует только на уровень освещённости;
- применение датчиков движения – использовать для ночного контроля охраняемых объектов с техникой или временного бунтового хранения зерна в послеуборочный период;
- сегментирование – система должна состоять из отдельных сегментов, управляемых независимо друг от друга. Этот принцип позволяет повысить надежность и производительность сети, возникающая проблема может быть изолирована и решена без отключения всей сети, ограничение доступа от нежелательного проникновения на тот или иной контрольный участок;
- масштабируемость – добавление в систему нового сегмента не должно отражаться на работе существующих, добавление или удаление в системы новых элементов не должно приводить к необходимости перепроектировать систему в целом.

Использование предложенных подходов к проектированию систем наружного освещения приведет к снижению энергозатрат, которые составят порядка 14–15%. Перейдя на новую технологическую систему, можно добиться снижения суммы счета на электроэнергию на 30–40% по сравнению реальным на данный момент.

*Список литературы*

1. Оптимальная система освещения. *Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Жданов С.И.* - В сборнике: Интеграция науки и сельскохозяйственного производства. материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 28-33.
2. Энергоэффективное освещение. *Плаксин М.В., Медовкин А.А., Коняев Н.В.* В сборнике: Молодежь и системная модернизация страны. сборник научных статей 4-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. 2019. С. 76-80.

*Sarigo Nadezhda Viktorovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (e-mail: nadezhda.sarigo@yandex.ru )*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*

**GENERAL APPROACHES TO THE DESIGN OF OUTDOOR LIGHTING SYSTEMS FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES**

*In this article, the modern approach to the outdoor lighting system at agricultural enterprises is analyzed, the principles on which this system should be built are formulated.*

*Keywords: electric power, outdoor lighting system, agro-industrial enterprises.*

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОТОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ДОСВЕЧИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

*Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент*

*(e-mail: russafronov@yandex.ru)*

*Кащеев Андрей Сергеевич, студент*

*(e-mail: kasheev\_99@mail.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье проанализировано известное влияние света на растения, выявлены особо важные спектры, необходимые для роста и развития растений и рассмотрены готовые варианты искусственной подсветки растений, имеющиеся на рынке. В ходе исследования проведено сравнение готовых вариантов фитоламп и определена наиболее подходящая и выгодная модель из выборки, для определения эффективности готовых вариантов в принципе.*

*Ключевые слова: растение, свет, фотосинтез, спектр, светодиоды, скорость роста.*

**Введение.** Практически все этапы роста и развития растений происходят при непосредственном участии света. Он необходим абсолютно всем сельскохозяйственным культурам и его недостаток негативно сказывается на развитии растений. Поэтому важной частью ухода за растениями является дополнительная подсветка, обычно используемая, при выращивании в закрытых помещениях. Однако, на разных этапах развития растений, им нужны разные диапазоны светового излучения, поэтому просто увеличить освещённость в помещении не лучшее решение. Кроме того, немаловажной составляющей при выборе источника света является его экономичность.

**Результаты исследования.** В жизни растений наибольшее значение имеет физиологически активная и фотосинтетическая активная радиация.

Исследования ученых доказали, что для растений наиболее важно излучение оранжевого и красного (590-720 нм), а также синего цвета (400-470 нм).

В частности, оранжевые лучи, со спектром 595-620 нм и красные, со спектром 600-720 нм отвечают за процессы, влияющие на скорость развития растений и поставляют энергию, для фотосинтеза. Пигменты, особенно чувствительные к красному спектру отвечают за развитие корневой системы, цветение и созревание плодов. Но излишнее количество лучей красного и оранжевого спектра может задержать цветение.

Не меньшую роль играют и синий с фиолетовым спектры (380-490 нм). Они принимают непосредственное участие в фотосинтезе, стимулировании образования белков и регулировании скорости роста растений.

Пигменты, чувствительные к синему спектру отвечают за рост растения, развитие листьев и т.д., а также, за ориентацию растения к свету. При недостатке излучения синего спектра растения вытягиваются, в попытке увеличить его поступление на свою поверхность.

Лучи ультрафиолетового спектра с длиной волны 315-380 нм также не позволяют растению чрезмерно вытягиваться и отвечают за синтез различных витаминов, а с длиной волны 280-315 нм могут повышать устойчивость к холоду.

Зелёный же свет при дополнительной подсветке растений не столь важен, так как его фотосинтетическая активность крайне низка, из-за высокой степени его отражения хлорофиллом. Однако он может применяться для нейтрализации пурпурного свечения фитосветодиодов, неприятного для глаз.

На рынке представлены готовые решения – фитолампы (таблица 1). Которые изготовлены в форме колб, лент, панелей (прямоугольных, линейных и т.д) в основном с использованием фитодиодов «полного» спектра, в которых применен люминофор, дающий пики излучения в необходимых частях спектра.

Таблица 1- Характеристики фитоламп «полного» спектра

Модель	Мощность, Вт	Стоимость, руб.	Длина волны, нм	ФАР, мкмоль/с
Эра ФИТО-9W-T5-N	9	737	440-660	16,2
SBL-A60-11-fito-E27	11	360	380-780	-
ФИТО RB-E27-K B0039070	12	360	380-600 - 20%; 600-780 -80%.	18
SBL-A60-13-fito-E27	13	660	380-780	-
ФИТО-15W-Ra90-E27	15	1000	380-660-780	22,5
SBL-A80-17-fito-E27	17	674	380-780	-
ФИТО-18W-T5-Ra90	18	971	660	36
ФИТО-36W-RB-E27	36	1929	-	-

**Выводы.** Проведя анализ характеристик фитоламп можно сделать заключение, что светодиодная лампа Эра ФИТО красно-синего спектра RB-E27-K B0039070 имеет подходящую для растений длину волны, а также является наиболее оптимальной по соотношению цены и мощности из вышеперечисленных. Однако не является идеальным вариантом для искусственного досвечивания растений. Кроме отсутствия ультрафиолетового спектра, спектр её излучения постоянен и не учитывает разную потребность растений в различных спектрах на разных фазах развития. В связи с этим необходима разработка системы искусственного освещения с возможностью регулировки спектра и интенсивности излучения.

Так как светодиоды наиболее энергоэффективны, по сравнению с другими источниками света, и имеют в своей номенклатуре варианты с необ-

ходимым спектром излучения, компактны и просты в монтаже, они хорошо подходят для этой цели.

*Список литературы*

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 24-27.

2. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.

3. Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П., Черников А.С., Тарасов С.А., Булгаков А.Г. Автоматизация управления светодиодной системы досвечивания растений в теплицах // В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК. Материалы II Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 387-391.

4. Сафронов Р.И., Утицких Р.С., Рамазанов Р.Ш., Формус А.В. Цифровые технологии в АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 155-158.

5. Сафронов Р.И., Хомяков Д.С. Проблема и специфика электроснабжения сельского хозяйства // В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. Материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 406-409.

6. Шевцов М.В., Аксёнов В.В., Сафронов Р.И., Шульга Л.В., Дегтярев С.В. Мобильная система мониторинга, раннего обнаружения и оценки пожарной опасности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11. № 3. С. 8-25.

7. К вопросу о твердости электроосажденных покрытий на основе железа/ Серебровский В.В., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 2. С. 56-57.

8. Применение дисульфида молибдена для повышения качества электроосажденных композиционных покрытий/ Серебровский В.В., Сафронов Р.И., Афанасьев Е.А., Калущий Е.С., Григоров И.Ю.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 197-200.

9. К вопросу выбора электролита для осталивания/ Сафронов Р.И., Реутов Д.С.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. материалы Международной научно-практической конференции. 2014. С. 54-57.

10. Способ упрочнения электроосажденных железохромовых покрытий цианированием/ Серебровский В.И., Коняев Н.В., Сафронов Р.И.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 6. С. 72-74.

11. Упрочнение электроосажденного железа кобальтом/ Блинков Б.С., Серебровский В.И., Сафронов Р.И.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 73-74.

12. Применение электроосажденных железо-боридных покрытий для восстановления деталей сельскохозяйственной техники/ Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 9. С. 111-115.

**Safronov Ruslan Igorevich, Cand. Tech.Sci.**, associate professor

(e-mail: russafronov@yandex.ru)

**Kashcheev Andrey Sergeevich**, student

(e-mail: kasheev\_99@mail.ru)

*Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanova, Kursk, Russia*

## **ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF READY-MADE SOLUTIONS FOR PLANT ILLUMINATION SYSTEMS**

**Abstract.** *This article analyzes the known effect of light on plants, identifies particularly important spectra necessary for the growth and development of plants and considers ready-made options for artificial illumination of plants available on the market. In the course of the study, a comparison of ready-made versions of phyto lamps was carried out and the most suitable and profitable model from the sample was determined to determine the effectiveness of ready-made options in principle.*

**Keywords:** *plant, light, photosynthesis, spectrum, LEDs, growth rate.*

## **ВЛИЯНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

**Сафронов Руслан Игоревич**, к.т.н., доцент

(e-mail: russafronov@yandex.ru)

**Милютин Сергей Алексеевич**, студент

(e-mail: Sm89102145643@gmail.com)

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*Рассмотрены особенности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Проведен анализ влияния коммутационных перенапряжений в питающих сетях на надежность электрооборудования. Предложены требования к аппаратуре защиты и управления асинхронным электроприводом.*

*Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, аппаратура защиты, коммутационные перенапряжения.*

### **Введение.**

В условиях сельского хозяйства воздействие окружающей среды на изоляцию обмоток асинхронных двигателей более интенсивны. К внешним факторам, негативно влияющим на изоляцию электрооборудования, можно отнести следующие: повышенная влажность, химически агрессивная среда, вибрационные нагрузки, несоблюдение температурного режима эксплуатации (перегрев при перегрузке и работа при неполнофазных режимах сети). При совокупном воздействии данных факторов происходит процесс ускоренного старения изоляции и последующая ее деструкция.

В процессе эксплуатации изоляция обмоток асинхронных электродвигателей подвергается воздействию коммутационных перенапряжений. При коммутациях в питающих цепях, возникают переходные процессы, которые в свою очередь вызывают появление коммутационных перенапряже-

ний. Процесс запуска и остановки асинхронного электропривода тесно связан с возникновением перенапряжений, параметры которых зависят от параметров схемы замещения и условий коммутации.

Поэтому вопросы, связанные с защитой асинхронных электродвигателей, являются актуальными.

#### **Цель.**

Рассмотреть влияние коммутационных перенапряжений в питающей сети на надежность работы электрооборудования в сельском хозяйстве.

#### **Материалы и методика исследований.**

Проведен анализ и синтез влияния коммутационных перенапряжений на электрооборудование, работающее в условиях агропромышленного комплекса.

#### **Результаты исследования.**

Обеспечение защиты асинхронных электродвигателей требуется при возникновении следующих аварийных ситуаций:

Обрыв одной из фаз (50% случаев), который происходит при:

- коротком замыкании на фазе;
- при перегрузке по току;
- при возгорании электрокабеля;
- при перегорании проводника фазы из-за ненадежного крепления контактов.

При обрыве фазы не всегда происходит остановка электродвигателя, при этом увеличивается нагрузка на валу, электродвигатель перегревается, что приводит к выходу его из строя.

Остальные 50% аварийных случаев, происходят из-за:

- неправильного чередования фаз (нарушения при проведении ремонтных работ питающей сети);
- слипание фазных проводов (происходит при нарушении изоляции питающего кабеля);
- перекос фаз (неравномерное распределения нагрузки по фазам);
- неисправности внутренней температурной защиты электродвигателя.

Для повышения срока службы асинхронных электродвигателей необходимо применение современной аппаратуры защиты от коммутационных перенапряжений. Данная аппаратура должна обеспечивать защиту электродвигателей при возникновении любых аварийных ситуаций и нестационарных режимов работы оборудования и питающей сети, однако существующие на данный момент технические средства не могут в полной мере это обеспечить.

Кроме того, работа средств компенсации реактивной мощности, электронных блоков управления и прочего оборудования, в состав которого входят микросхемы и микроконтроллеры, сильно зависит от коммутационных перенапряжений. Это связано с низкой стойкостью полупроводниковых элементов к импульсным перенапряжениям, из-за которых происходит пробой тонких диэлектрических промежутков. В будущем, в связи с

широким применением микропроцессорной техники, проблема защиты от коммутационных перенапряжений будет всё более актуальной.

Функционирование технологических установок в сельском хозяйстве полностью зависит от надёжности работы средств их автоматизации и электрификации (электродвигатели, магнитные пускатели, автоматические выключатели, тепловые реле, устройства защитного отключения и т.д.).

Основным из неблагоприятных факторов, воздействующих на электрооборудование в сельскохозяйственном производстве, являются коммутационные перенапряжения, которые сокращают срок службы изоляции. Как показывают исследования многих ученых, до 90% неисправностей асинхронных электродвигателей приходится на выход из строя обмоток статора, из них до 20% это отказы по причине коммутационных перенапряжений. По мимо этого, коммутационные перенапряжения снижают надёжность и точность функционирования систем автоматического управления технологическими процессами, в которых используются интеллектуальные микропроцессорные системы управления. Кроме того, коммутационные перенапряжения приводят к выходу из строя цифрового оборудования, присоединённого на те же шины что и группа асинхронных электродвигателей.

#### **Выводы.**

Для защиты электрооборудования, работающего в сельском хозяйстве, от коммутационных перенапряжений необходимо применять комплекс технических средств, для защиты асинхронных электродвигателей и систем их управления от коммутационных перенапряжений и аварийных режимов.

Данные устройства защиты должны обеспечить: снижение амплитуды и продолжительность коммутационных перенапряжений; исключить влияние условий коммутации на параметры коммутационных перенапряжений; продлить надёжность работы асинхронного электродвигателя.

#### *Список литературы*

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П. Влияние предельных значений изменений напряжения на работу электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в россии. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 12-15.

2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калущкий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.

3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Сафронов Р.И. Компьютерное моделирование процессов поддержания симметрии напряжений в электрических сетях // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 52-55.

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок // В

книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 24-27.

5. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 24-27.

6. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Использование нечетких нейронных сетей для изучения процессов старения изоляции кабельных линий // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 208-213.

7. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.

8. Волошин В.В., Никулин А.Ю., Сафронов Р.И. Применение дизель-роторных источников бесперебойного питания для резервного электроснабжения объектов АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 3-7.

9. Новиков Н.А., Ярыгин С.В., Дроздов А.И., Сафронов Р.И. Влияние несимметрии питающего напряжения на выход из строя асинхронных электродвигателей // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 107-111.

10. Сафронов Р.И., Утицких Р.С., Рамазанов Р.Ш., Формус А.В. Цифровые технологии в АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 155-158.

11. Сафронов Р.И., Хомяков Д.С. Проблема и специфика электроснабжения сельского хозяйства // В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. Материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 406-409.

12. Шатохин А.С., Булгаков А.Г., Пыжов Д.А., Гнездилова Ю.П. Методы диагностирования технического состояния асинхронного двигателя // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 142-146.

13. Шевцов М.В., Аксёнов В.В., Сафронов Р.И., Шульга Л.В., Дегтярев С.В. Мобильная система мониторинга, раннего обнаружения и оценки пожарной опасности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11. № 3. С. 8-25.

14. Ярыгин С.В., Новиков Н.А., Третьяков Н.А., Сафронов Р.И. Влияние коммутационных перенапряжений питающей сети на надежность электрооборудования АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 164-168.

15. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

16. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

17. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

18. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

19. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

**Safronov Ruslan Igorevich, Cand.Tech.Sci., associate professor**

*(e-mail: russafronov@yandex.ru)*

**Milyutin Sergey Alekseevich, student**

*(e-mail: Sm89102145643@gmail.com)*

*Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia*

## **THE EFFECT OF SWITCHING OVERVOLTAGES ON RELIABILITY OF ELECTRICAL EQUIPMENT**

**Abstract.** *The features of the operation of electrical equipment in agriculture are considered. The analysis of the influence of switching over voltages in the supply networks on the reliability of electrical equipment is carried out. The requirements for the protection and control equipment of an asynchronous electric drive are proposed.*

**Keywords:** *asynchronous electric motor, protection equipment, switching over voltages.*

## ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент  
(e-mail: russafronov@yandex.ru)*

*Милютин Сергей Алексеевич, студент  
(e-mail: Sm89102145643@gmail.com)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*Рассмотрены существующие технические и организационные методы диагностики асинхронных электродвигателей.*

*Ключевые слова: электропривод, надежность, методы диагностики, асинхронный электродвигатель, электрооборудование.*

**Введение.** В настоящее время в электроприводе большинства технологических процессов, в промышленности и сельском хозяйстве, широко используются асинхронные двигатели. Это объясняется простотой конструкции, относительно низкой стоимостью, а также высокой надежностью при условии их правильной эксплуатации.

Хотя на практике эксплуатационный срок службы электродвигателей и их узлов гораздо меньше гарантированного. Главной причиной их выхода из строя служит низкий уровень технического обслуживания и текущего ремонта, незначительная эффективность существующих способов и средств диагностического контроля, а также тяжелые условия эксплуатации в сельском хозяйстве.

Остро встает вопрос о повышении надежности и эффективности работы асинхронных двигателей из-за осложнения технологических процессов и, как следствие, больших экономических потерь.

**Цель.** Провести анализ существующих методов диагностики электрооборудования.

**Материалы и методика исследования.** Проведен анализ и синтез существующих методов и средств диагностики асинхронных электродвигателей.

**Результаты исследования.** Современные методы диагностики позволяют осуществить качественную оценку технического состояния отдельных узлов электродвигателя, что не дает возможности оценить состояние электродвигателя в целом. В основном оценка надежности технических объектов и систем проводится путем определения основных показателей надежности. На практике количественная оценка технического состояния электрооборудования проводится на основе частоты и количества отказов или наработки на отказ, что не дает возможности дать оценку нормальной работы оборудования перед вводом в эксплуатацию.

Существуют следующие методы диагностики асинхронных электрических двигателей:

1. Анализ вибраций узлов агрегата.
2. Оценка акустических колебаний, возникающих при работе машины.
3. Определение и оценка магнитного потока в зазорах узлов электродвигателя.
4. Оценка вторичного электромагнитного поля машины.
5. Измерение и анализ температуры каждого отдельно элемента машины.
6. Определение технического состояния отдельных узлов электрических двигателей, на основе анализа содержания в масле железа.
7. Диагностика состояния изоляции.
8. Оценка технических параметров асинхронного электродвигателя.

Техническое обслуживание является основной процедурой, проводимой для профилактики машины. Она необходима для обеспечения правильной работы оборудования между плановыми ремонтами.

Техническое обслуживание – это уход за электромашинами, включающий в себя постоянные осмотры, следование правилам использования, исправление возникающих небольших поломок, не требующих прекращения работы оборудования, регулировки. Техническое обслуживание проводится в соответствии с инструкцией и нормативной документацией.

Чтобы уменьшить количество поломок оборудования, проводят регулярное техническое обслуживание.

Диагностирование технического состояния электромашин полагается на различные способы, методы и теории. Задачей диагностики служит определение степени работоспособности асинхронного двигателя в текущий момент времени и выявление неисправностей ее отдельных узлов. В то же время необходимо определять характер неисправности и места его возникновения.

Проблемы диагностирования электрооборудования связаны с критериями работоспособности. Их анализ позволяет составить отчет о состоянии машины. Однако не все параметры работоспособности помогают в диагностике. Важно определить самые информативные из электромагнитных параметров и параметров работоспособности электрооборудования. Параметры работоспособности определяются отдельно для каждого типа устройств.

Прогнозирование технического состояния - это установление будущего состояния электрической машины на основе определяющих факторов. Может осуществляться во время разработки и эксплуатации машины. Основными целями прогнозирования являются обнаружение неполадок в работе электродвигателя на раннем этапе, а также составление рекомендаций по повышению их надежности.

Основа прогнозирования – это применение прошлого опыта. Базой для прогнозирования является априорная информация о конкретном оборудовании.

Различают прогнозирование технического состояния и прогнозирование надежности. В первом случае составляется прогноз технических характеристик машины либо эти характеристики принадлежат к тому или иному классу, а также дается прогноз поломок машины. Во втором случае на основе прогнозирования постепенных и внезапных поломок дается прогноз количественных показателей надежности машины.

Так же, прогнозирование делят на индивидуальное и групповое. Основным методом группового прогнозирования является статистическая оценка срока службы определенных однотипных машин. Она проводится, основываясь на результате контрольных проверок надежности. Основываясь на полученные данные, можно определить средний срок службы группы проверенных однотипных электромашин. Плюсом индивидуального подхода является оценка определенной машины.

Есть два способа решения задачи прогнозирования: детерминированный и стохастический. Детерминированный способ ограничивается поиском аппроксимирующего выражения, а стохастический осуществляет реализацию случайной величины в виде прогнозируемой характеристики, устанавливающей интервал времени от начала контроля до первого пересечения поля допуска прогнозируемой величины.

В настоящее время ведется разработка современного метода прогнозирования – метода распознавания образов. Его основной идеей является деление электрооборудования на определенные группы в зависимости с главным признаком каждой группы. Между ними установлены жесткие границы.

Условия работы электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве сильно разнятся. Работа в сельском хозяйстве сопрягается со сложными обще эксплуатационными условиями, неправильной загруженностью, подвержены влиянию химически активных сред, зачастую, работают кратковременно. Тогда как, в промышленности таких пробоем обычно не возникает.

Эффективным путем решения технических задач увеличения надежности электрооборудования в условиях эксплуатации, является создание новых методов и средств контроля электрооборудования.

Наличие эффективных способов диагностики электродвигателей делает возможным оценивать состояние машины и вовремя обнаруживать неполадки, путем изучения его информативных параметров.

Однако, все ещё остаются проблемы, которые мешают эффективно диагностировать неполадки, возникающие при работе электродвигателей. Такие как, недостаточно изученные неисправности присущие электродвигателям, а также не определены информативные параметры, характеризующие определенные дефекты.

**Вывод.** Для повышения надежности электрических машин в эксплуатирующихся в условиях сельского хозяйства, необходима разработка новых

и совершенствование существующих методов и средств контроля, и диагностики электрооборудования.

*Список литературы*

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П. Влияние предельных значений изменений напряжения на работу электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 12-15.

2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калуцкий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.

3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Сафронов Р.И. Компьютерное моделирование процессов поддержания симметрии напряжений в электрических сетях // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 52-55.

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 24-27.

5. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Использование нечетких нейронных сетей для изучения процессов старения изоляции кабельных линий // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 208-213.

6. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.

7. Новиков Н.А., Ярыгин С.В., Дроздов А.И., Сафронов Р.И. Влияние несимметрии питающего напряжения на выход из строя асинхронных электродвигателей // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 107-111.

8. Шатохин А.С., Булгаков А.Г., Пыжов Д.А., Гнездилова Ю.П. Методы диагностирования технического состояния асинхронного двигателя // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 142-146.

9. Шевцов М.В., Аксёнов В.В., Сафронов Р.И., Шульга Л.В., Дегтярев С.В. Мобильная система мониторинга, раннего обнаружения и оценки пожарной опасности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11. № 3. С. 8-25.

10. Ярыгин С.В., Новиков Н.А., Третьяков Н.А., Сафронов Р.И. Влияние коммутационных перенапряжений питающей сети на надежность электрооборудования АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 164-168.

11. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

12. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

13. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

14. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

15. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

**Safronov Ruslan Igorevich, Cand.Tech.Sci., associate professor**

*(e-mail: russafronov@yandex.ru)*

**Milyutin Sergey Alekseevich, student**

*(e-mail: Sm89102145643@gmail.com)*

*Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanova, Kursk, Russia*

## **DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT**

**Abstract.** *The existing technical and organizational methods of diagnostics of asynchronous electric motors are considered.*

**Keywords:** *electric drive, reliability, diagnostic methods, asynchronous electric motor, electrical equipment.*

## **ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЭКОНОМИИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ**

*Селиванов Егор Геннадьевич, аспирант*

*(e-mail: selivanoveegg@yahoo.com)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*Агеева Екатерина Владимировна, д.т.н., доцент, профессор*

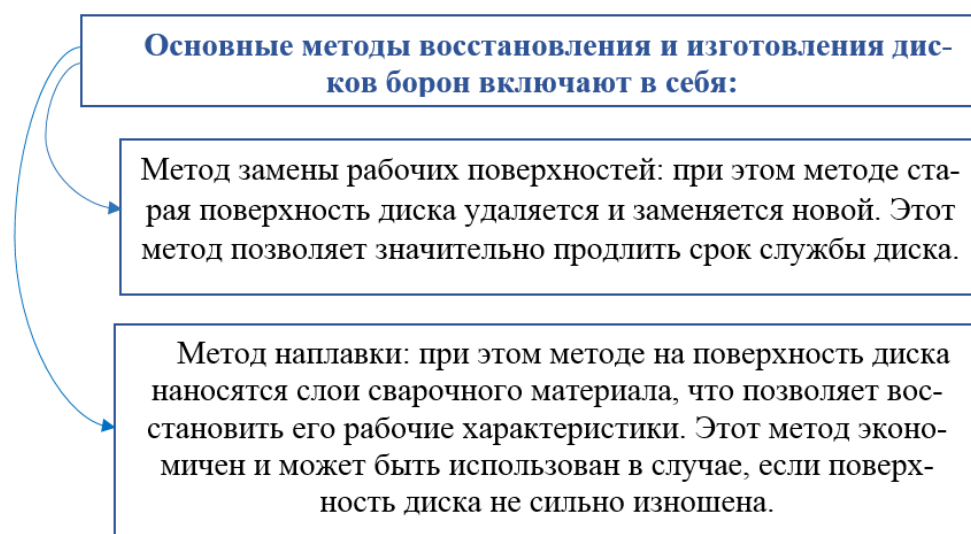
*(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)*

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье рассмотрены затраты на производство новых дисков бороны и ремонт изношенных, список работ для каждого метода, разница в стоимости и рентабельность каждого из метода, будь то покупка нового диска бороны или же ремонт изношенного.*

*Ключевые слова: сельское хозяйство, борона, дисковая борона, эксплуатация бороны, производители дисков бороны, ремонт дисков бороны, затраты на ремонт, цена нового диска бороны.*

Износ дисков борон – одна из наиболее распространенных проблем, с которой сталкиваются сельскохозяйственные предприятия. Эта проблема может приводить к снижению качества почвообработки и ухудшению урожайности, что негативно сказывается на экономических показателях предприятий. В связи с этим, актуальной является тема оптимизации затрат на ремонт и замену изношенных деталей дисков борон. В данной статье мы рассмотрим затраты энергии на производство новых деталей и экономию при восстановлении изношенных, а также оценим, какой вариант может быть более выгодным для потребителей.



В России используют различные методы изготовления новых дисков бороны, включая литье, штамповку, и обработку на станках с ЧПУ. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретных требований производства, таких как точность, прочность и стои-

мость. Некоторые производители также могут использовать комбинацию разных методов для достижения лучшего результата.

Ни для кого не секрет, что ремонт изношенного диска бороны будет выгоднее с учетом потраченных средств, но следует также учитывать, что восстановление изношенного диска бороны может быть временным решением, и такой диск может снова потребовать восстановления или замены в ближайшем будущем.

Приведем пример расчета стоимости партии новых дисков бороны и стоимости ремонта методом замены изношенных поверхностей.

Для расчета стоимости изготовления 100 новых дисков бороны из стали 65Г необходимо учесть стоимость материалов, затраты на электроэнергию, а также зарплаты рабочим. Средний срок производства 15 рабочих дней.

Стоимость 1 тонны стали 65Г ориентировочно составляет 150 тыс. руб. за тонну. Один диск бороны диаметром 660мм и толщиной 6мм весит около 16кг. Для изготовления 100 дисков бороны потребуется порядка 1,6т стали. Следовательно, стоимость стали для изготовления 100 дисков бороны составит примерно 250 тыс. руб.

Также следует учитывать время, затраченное на ремонт или изготовление нового диска, и его влияние на производственный процесс [1-19].

Затраты на электроэнергию также зависят от метода производства. Предположим, что диски будут изготавливаться методом штамповки. Тогда затраты на электроэнергию составят примерно 45 кВт-час на 1 диск. Значит приблизительные затраты на электроэнергию составят 22 тыс. руб. при условии работы станка 8 часов в смену.

Зарплата одного рабочего составляет примерно 50 000 рублей. При штате 8 рабочих в цеху штамповки и обработки зарплата всех рабочих составит: 200 тыс. руб. К этому всему можно прибавить затраты на тех. жидкости и расходные материалы 10 тыс. руб.

Таким образом, очень приблизительно себестоимость изготовления 100 новых дисков бороны составит примерно 500 тыс. руб.

Для сравнения можно привести следующий расчет по восстановлению. Допустим на предприятии имеются 10 лепестковые диски бороны из стали 65Г. Смоделируем ситуацию, где потребуется ремонт всех 10 лепестков 100 дисков бороны, каждый ремонтный лепесток весит приблизительно 250 грамм.

Стоимость материала 1 ремонтной детали составляет 38 руб. это можно посчитать используя ранее приведенные данные. Общая стоимость материалов для 1 диска составит 380 рублей (10 деталей по 38 рублей).

Можно предвидеть следующие затраты на электроэнергию: для замены рабочих поверхностей диска бороны необходимо провести ряд операций, связанных с резкой, сверлением и шлифовкой поверхностей. При этом затраты на электроэнергию составят около 15 кВт-ч на 1 диск, тогда на 100 дисков затраты на электроэнергию составят 6 000 рублей.

В штат возьмем 4 сотрудников с зарплатой 50 000 руб. На весь объем работ потребуется примерно 10 рабочих дней. Тем самым можем посчитать затраты на зарплату сотрудникам  $10 \cdot 4 \cdot 50000 / 30 = 67\,000$  руб.

Таким образом получаем, что стоимость ремонта составит примерно 150 тыс. руб. Разница между покупкой по себестоимости и ремонтом составляет 350 тыс. руб.

Возникает вопрос, что лучше купить новый диск и забыть про его ремонт на несколько сезонов или отремонтировать изношенный и сэкономить? Ответ на этот вопрос зависит от многих факторов, таких как степень износа диска, его размер, цена на новый диск и стоимость ремонта. В целом, если износ диска не слишком большой и ремонт позволяет вернуть ему надлежащую работоспособность, то для потребителя будет лучше отремонтировать диск и сэкономить деньги. Однако, если износ диска слишком велик, его ремонт может не оправдать затрат, и в этом случае покупка нового диска может оказаться более выгодной. Также следует учитывать время, затраченное на ремонт или изготовление нового диска, и его влияние на производственный процесс.

*Список литературы*

1. Синеоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. // – М.: Машиностроение. – 1977. – 328 с.

2. Добрин Д.А. Актуальные технологии упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / Добрин Д.А. // Технический сервис машин. – 2022.– № 4 (149). – С. 111-117.

3. Воротников И.Л. Экономическое обоснование промышленного производства ресурсосберегающего агрегата для полосовой обработки почвы / Воротников И.Л., Колотырин К.П., Богатырев С.А., Савон Д.Ю. // Экономика промышленности. – 2022. – Т. 15. – № 4. – С. 399-406.

4. Виноградов Н.Н. Направления развития почвообрабатывающей техники / Виноградов Н.Н., Яковлева А.О., Виноградов Д.Н., Демчук Е.В. // в сборнике VII международной научно-практической конференции «Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития» – Омск, – 2022. – С. 28-32.

5. Микроструктура и элементный состав порошков, полученных в условиях электроэрозионной металлургии отходов жаропрочного никелевого сплава ЖС6У в воде / Агеев Е.В., Поданов В.О., Агеева А.Е. // Металлург. 2022. № 5. С. 72-77.

6. Элементный состав высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых. сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок. Курск, 2021. С. 115-118.

7. Микроструктура высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Актуальные вопросы науки, нанотехнологий, производства. сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Курск, 2021. С. 207-210.

8. Фазовый состав высокопрочных быстрорежущих сталей на основе диспергированных электроэрозией частиц сплава Р6М5 / Пикалов С.В., Агеева А.Е. // В сборнике: Наука молодых - будущее России. сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Курск, 2021. С. 150-153.

9. Размерные характеристики частиц порошка, полученного электродиспергированием сплава X20H80 в керосине / Бобков Е.А., Агеева А.Е., Агеева Е.В. // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 37-40.

10. Получение электрокорунда электродиспергированием алюминиевых отходов / Новиков Е.П., Поданов В.О., Агеева А.Е. // В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 134-138.

11. Получение и исследование порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов электроэрозионным диспергированием / Агеев Е.В., Латыпов Р.А., Агеева Е.В., Давыдов А.А. // Курск, 2013. 200 с.

12. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А., Бобрышев Р.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 234-237.

13. Исследование влияния электрических параметров установки на процесс порошкообразования при электроэрозионном диспергировании отходов твердого сплава / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 238-240.

14. Особенности технологии восстановления шеек коленчатых валов двигателей камаз-740 с использованием твердосплавных порошков / Агеев Е.В., Сальков М.Е. // Технология металлов. 2008. № 3. С. 41-46.

15. Изучение строения и свойств твердосплавных электроэрозионных порошков, используемых для восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Агеев Е.В., Агеева Е.В., Давыдов А.А., Бондарев С.А., Новиков Е.П., Молодкин А.Ю. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С. 69-72.

16. Определение основных закономерностей процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Агеева Е.В., Чернов А.С., Маслов Г.С., Паршина Е.И. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 1 (46). С. 085-090.

17. Изучение формы и элементного состава порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в водной среде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 4 (112). С. 14-17.

18. Исследование алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде / Латыпов Р.А., Агеев Е.В., Агеева Е.В., Новиков Е.П. / Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 4. С. 19-22.

19. Морфология и элементный состав медных электроэрозионных порошков, пригодных к спеканию / Агеева Е.В., Хорьякова Н.М., Агеев Е.В. // Вестник машиностроения. 2014. № 10. С. 66-68.

*Selivanov Egor Gennadievich, graduate students*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia*

*Ageeva Ekaterina Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor*

*Southwest State University, Kursk, Russia*

**PRODUCTION COSTS OF NEW PARTS AND SAVINGS IN THE RESTORATION OF WORN-OUT**

*This article discusses the costs of producing new harrow discs and repairing worn ones, the list of works for each method, the difference in cost and profitability of each method, whether it is the purchase of a new harrow disc or the repair of a worn one.*

*Keywords: agriculture, harrow, disc harrow, operation of sheep, manufacturers of harrow discs, repair of harrow discs, repair costs, price of a new harrow disc.*

## КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*Семяяков Дмитрий Николаевич, студент  
(sem200333@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*Быстрое истощение ископаемых видов топлива потребовало неотложной необходимости в альтернативных источниках энергии для удовлетворения постоянно растущего спроса на энергию. Еще одной ключевой причиной сокращения потребления ископаемых видов топлива являются учащающиеся явления глобального потепления. Экологически безопасные технологии производства электроэнергии будут играть важную роль в будущем энергоснабжения.*

*Ключевые слова: комбинированная система, возобновляемые источники энергии, экология, экологически безопасные технологии.*

Поскольку ресурсы возобновляемых источников являются прерывистыми, комбинация двух или более технологий выработки и хранения энергии



могут улучшить производительность системы. Комбинированная система возобновляемых источников энергии (КСВИЭ) объединяет два или более возобновляемых энергетических ресурса с некоторым обычным источником (дизельным или бензиновым генератором).



Пример использования дизельного генератора в совокупности с ветроустановкой и солнечными панелями показан на рис. 1.

Рисунок 1 Солнечные панели / ветроустановка / аккумуляторная батарея / дизельный генератор

Необходимо представлять четко определенную и стандартизованную структуру последовательности действий, предпринятых для генерации энергии на основе комбинированной системы электрифи-

кации. Эта структура заключается в следующем:

а. Оценка спроса:

С помощью точного прогнозирования нагрузки в отдаленных местах можно снизить нагрузку. Оценка нагрузки также может быть проведена путем опроса местных жителей.

б. Оценка ресурсов:

Оценка может быть проведена путем расчета потенциальных ресурсов, имеющихся в наличии для ветра, солнечной энергии, биомассы, газа и других возобновляемых источников энергии с использованием имеющихся метеорологических данных.

в. Барьеры / ограничения:

- Ежегодный спрос на электроэнергию,
- Надежность,
- Чистая текущая стоимость,
- Факторы окружающей среды,
- Занятость.

Чтобы выбрать оптимальную комбинацию комбинированной системы для удовлетворения потребностей населения, оценка должна проводиться на основе надежности вырабатываемой мощности и стоимости жизненного цикла системы.

Надежность вырабатываемой мощности считается важным фактором в процессе разработки комбинированной системы [1, 2].

Существует несколько экономических критериев для анализа стоимости системы, таких как:

- Чистая текущая стоимость [5],
- Уточненная стоимость энергии [6],
- Стоимость жизненного цикла [7].

Чистая текущая стоимость определяется из общей текущей стоимости, которая включает начальную стоимость всех компонентов системы, стоимость замены любого компонента, которая возникает в течение жизненного цикла проекта, и стоимость обслуживания.

Для разработчиков важно найти подходящий метод оптимизации выбора оптимальной конфигурации системы. Существует несколько методов оптимизации для комбинированной системы.

Используются: графические методы построения, вероятностный подход, итерационная техника, методы искусственного интеллекта и многоцелевая разработка.

- Метод графического построения: этот метод был представлен учеными Боровым и Саламехом [10] на основе использования долгосрочных данных о солнечном излучении, скорости ветра, зарегистрированных за каждый час дня в течение 30 лет.

- Вероятностный подход. Такой подход расчета учитывает влияние изменения солнечного излучения и изменчивости скорости ветра в конст-

рукции системы. Ученый Буцарелли [12] предложил метод калибровки, рассматривающий изменение энергии хранения как случайное блуждание.

- Итерационная техника [14]: была предложена модель оптимизации комбинированной солнечной ветровой системы, которая использует метод итеративной оптимизации, следующий за моделью с оценкой мощности энергии для надежности мощности и стоимости системы соответственно. Аналогичным образом был представлен итерационный метод оптимизации. Необходимо выбрать размер ветровой турбины и номер модуля солнечной панели, используя итеративную процедуру, чтобы узнать разницу между генерируемой и требуемой мощностью. И свести ее к минимуму в течение определенного периода времени.

- Искусственный интеллект: это термин, который в самом широком смысле означает способность машины выполнять функции, которые характеризуют человеческую мысль. Методы искусственного интеллекта, такие как искусственные нейронные сети, генетический алгоритм, нечеткая логика, PSO (оптимизация роевых частиц), АСО (оптимизация колоний муравьев), широко используемая для оптимизации комбинированной системы с целью максимизации ее экономических преимуществ.

Технология хранения важна для обеспечения непрерывной подачи энергии на нагрузку. Существует много типов хранилищ энергии, которые могут быть использованы в комбинированной системе возобновляемых источников энергии, например, в хранилище энергии сжатого воздуха, гидронасосе с накачкой, водородных топливных элементах, маховиках, суперконденсаторах, сверхпроводящем хранилище магнитной энергии и батареях.

Использование сверхпроводящих хранилищ магнитной энергии - новая технология, которая имеет наивысшую эффективность, но она очень дорогая из-за использования сверхпроводящей проводки в катушке. Водородные хранилища и суперконденсаторы не являются предпочтительными для установок, где постоянная техническая поддержка недоступна. Для приложения с малой мощностью использование гидронасосов с накачкой не оправдано, так как в системе есть большие начальные затраты. Хранилище энергии сжатого воздуха - относительно дешевая форма хранения энергии, но для местоположения системы необходимы подземные накопители для сжатого воздуха. Маховики эффективны и имеют низкую стоимость, но они имеют высокую скорость разряда. Аккумуляторные батареи являются идеальным решением для комбинированных систем, поскольку они представляют собой изученную форму хранения и могут обеспечить высокую плотность энергии и высокую мощность при низких затратах.

В статье представлен обзор комбинированных систем возобновляемых источников энергии. В частности, рассматриваются различные аспекты, такие как методология, размер и оптимизация единиц измерения, хранение и управление потоками энергии. Также в статье освещаются будущие тен-

денции и современные проблемы комбинированных систем энергоснабжения.

*Список литературы*

1. Yang HX, Burnett J, Lu L, «Weather data and probability analysis of hybrid photovoltaic–wind power generation systems in Hong Kong», in *Renew Energy*, 2003, vol. 28(11), pp. 1813–1824.

2. Maghraby HAM, Shwehdi MH, Al-Bassam GK, «Probabilistic assessment of photovoltaic (PV) generation systems», in *IEEE Trans Power Syst*, 2002, vol. 17(1), pp. 205–208.

3. Li C-H, Zhu X-J, Cao G-Y, and [etc], «Dynamic modeling and sizing optimization of stand-alone photovoltaic power systems using hybrid energy storage technology», 2009, in *Renew Energy*, vol. 32(3), pp. 815–826.

4. Al-Ashwal AM, Moghram IS, «Proportion assessment of combined PV–wind generating systems», 1997, in *Renew Energy*, vol. 10(1), pp. 43–51.

5. Diaf S, Notton G, Belhamel M and [etc], «Design and technoeconomical optimization for hybrid PV/wind system under various meteorological conditions», in *Appl Energy*, 2008, vol. 85(10), pp. 968–987.

*Semenyakov Dmitry Nikolaevich, student*

*(sem200333@gmail.com)*

*Don State Technical University*

#### **COMBINED RENEWABLE ENERGY SYSTEM**

*The rapid depletion of fossil fuels has necessitated an urgent need for alternative energy sources to meet the ever-increasing demand for energy. Another key reason for reducing the consumption of fossil fuels is the increasing phenomena of global warming. Environmentally friendly electricity generation technologies will play an important role in the future of energy supply.*

*Keywords: combined system, renewable energy sources, ecology, environmentally friendly technologies.*

#### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

*Семеняков Дмитрий Николаевич, студент*

*(sem200333@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В данной работе был проведен анализ существующих методов расчета электромагнитных полей.*

*Ключевые слова: электромагнитное поле, электрооборудование, аналитический метод, численный метод, интегральные уравнения, зеркальные изображения, эквивалентные заряды.*

Электромагнитное поле, как показывают проведенные исследования, влияет не только на здоровье человека, но и на функционирование электроприборов. Представляет собой совокупность электрического и магнитного полей, которые при определенных условиях могут порождать друг друга.

Электромагнитное поле порождает большое количество источников, которые, в большинстве случаев, функционируют в одном комплексе. Обо-

рудование, попадая в область существования электромагнитного поля, может функционировать с некоторыми отклонениями от стабильной, надежной работы.

Чтобы защитить электроустановки от влияния электромагнитного поля, необходимо применять методы, которые способствуют его снижению. Для этого, первостепенной задачей является необходимость расчета электромагнитных полей.

Существует огромное количество методов для расчета электромагнитных полей, которые можно разделить на 2 группы:

1. Аналитические методы. В аналитических методах основой являются законы Гаусса, Био-Савара-Лапласа. К этой группе относится метод зеркальных изображений. Применение аналитических методов целесообразно при небольшом количестве проводников простой конфигурации.

2. Численные методы. Основаны на решении дифференциальных уравнений с помощью интегрирования в частных производных Пуассона либо Лапласа в зависимости от наличия источников электромагнитного поля. К этой группе относятся: метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод эквивалентных зарядов, метод интегральных уравнений.

Рассмотрим методы, которые имеют наименьшее количество недостатков и превосходят остальные в простоте реализации и высокой точности расчета.

### **Метод интегральных уравнений**

Представляет собой метод расчета электромагнитных полей с введением вторичных источников и сведению задачи к интегральным уравнениям и их численным решениям. Применяется для решения двумерных задач, но также и для трехмерных при увеличении памяти ЭВМ. Применяется для простых расчетов трехмерных и двумерных моделей полей, а также для расчета аксиально-симметричных и плоскопараллельных электрических полей.

Выражение (1) эквивалентно тому, что внутри поверхности проводника имеется некоторое количество зарядов. Эти заряды создают в расчетных точках поверхности проводника, который находится во внешнем поле с определенным потенциалом, потенциал. Для расчета поля необходимо выбрать различные системы зарядов, которые размещаются внутри поверхности проводника. От выбора системы зарядов и их положения зависит вид и значение коэффициентов

$$\sum_{i=1}^N a_{ij} Q_i + \varphi_{вш} = \varphi_j, \quad (1)$$

где  $j=1, 2, \dots, N$ .

Достоинством данного метода является отсутствие необходимости в сетке в межэлектродном пространстве.

Недостатком является трудность в компьютерной визуализации результатов.

### **Метод эквивалентных зарядов**

Метод основан на замещении реального непрерывного распределения заряда по поверхности проводящих и диэлектрических тел совокупностью дискретных эквивалентных зарядов, расположенных внутри тел.

Основное преимущество метода эквивалентных зарядов (МЭЗ), состоящее в том, что коэффициенты линейной системы уравнений вычисляются по формулам замкнутого вида. Используется для решения задач 2 классов, так как есть возможность получить более полные результаты.

1) Оценочные расчеты электрических полей, которые образованы проводниками простых форм. Погрешность при решении может составлять 10%. Расчеты таким методом имеют достоинство при решении задач для оценки коэффициента неоднородности поля, определении емкости проводников.

2) Расчет электрических полей, которые образованы системами тонких проводов, т.е. радиус сечения этих проводов меньше, чем расстояние между ними.

При расчете систем линейных уравнений при решении методом эквивалентных зарядов используют аппроксимальные функции. Потенциал вычисляется в каждой расчетной точке как сумма потенциалов, образованных линейно изменяющихся зарядами, сосредоточенными на осях проводников.

Достоинства метода:

-Наглядность

Недостатки:

-Большое число вспомогательных вычислений

### **Метод зеркальных изображений**

Один из методов математической физики, который применяется для решения краевых задач.

Суть метода состоит в том, что исходная задача сводится к расчету поля известных зарядов с добавлением фиктивных источников в безграничной среде, которые помещаются вне области отыскания поля исходной задачи.

То есть создается поле, эквивалентное исходному. Такой прием называется искусственным. Добавочные заряды располагаются зеркально существующим изначально.

Величины новых введенных нами зарядов определяются граничными условиями на поверхностях и требованиями одинаковости поля, создаваемого исходными источниками.

Применяется для расчета электростатических полей, ограниченных какой-либо проводящей поверхностью. Искусственный прием расчета, в котором кроме заданных зарядов вводят еще дополнительные. Их помещают там, где находятся зеркальные (в геометрическом смысле) отображения заданных зарядов.



Рисунок 1. Поле прямолинейного заряженного провода

Достоинства данного метода:

- Высокая точность
- Простота реализации

Недостатки:

- Результаты получаются для однородных, практически бесконечных линий.

Список литературы

1.Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. И доп. – М.:Гардарики, 2001. – 317 с.

2.Быковская, Л.В. Моделирование электрических и магнитных полей в программе FEMM: лабораторный практикум/ Л.В. Быковская, В.В. Быковский, Д.В. Сурков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 100с.

3.Фризен, В.Э. Методы расчета электрических и магнитных полей: учебный комплект/ В.Э. Фризен, И.В. Черных, С.А. Бычков, Ф.Е. Тарасов. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 176 с.

**Semenyakov Dmitry Nikolaevich**, student

Don State Technical University

### ANALYSIS OF METHODS FOR CALCULATING THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF A POWER TRANSMISSION LINE

*In this paper, the analysis of existing methods for calculating electromagnetic fields was carried out.*

*Keywords: electromagnetic field, electrical equipment, analytical method, numerical method, integral equations, mirror images, equivalent charges.*

Создается эквивалентное поле в однородной среде – вспомогательное. Необходимо мысленно убрать проводящую среду и заменить ее проводом, который будет являться зеркальным отображением реального, и будет иметь знак, противоположный исходному. Получается двухпроводная линия, поле от такой системы заряженных проводников в области над проводящей средой останется таким же, как и в действительности.

Результирующее поле от действительного заряда и дополнительного должно удовлетворять граничным условиям задачи.

## КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*Семеняков Дмитрий Николаевич, студент  
(sem200333@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*Быстрое истощение ископаемых видов топлива потребовало неотложной необходимости в альтернативных источниках энергии для удовлетворения постоянно растущего спроса на энергию. Еще одной ключевой причиной сокращения потребления ископаемых видов топлива являются учащающиеся явления глобального потепления. Экологически безопасные технологии производства электроэнергии будут играть важную роль в будущем энергоснабжения.*

*Ключевые слова: комбинированная система, возобновляемые источники энергии, экология, экологически безопасные технологии.*



Рисунок 2 Солнечные панели / ветроустановка / аккумуляторная батарея / дизельный генератор

Поскольку ресурсы возобновляемых источников являются прерывистыми, комбинация двух или более технологий выработки и хранения энергии могут улучшить производительность системы. Комбинированная система возобновляемых источников энергии (КСВИЭ) объединяет два или более возобновляемых энергетических ресурса с некоторым обычным источником (дизельным или бензиновым генератором).

Пример использования дизельного генератора в совокупности с ветроустановкой и солнечными панелями показан

на рис. 1.

Необходимо представлять четко определенную и стандартизованную структуру последовательности действий, предпринятых для генерации энергии на основе комбинированной системы электрификации. Эта структура заключается в следующем:

а. Оценка спроса:

С помощью точного прогнозирования нагрузки в отдаленных местах можно снизить нагрузку. Оценка нагрузки также может быть проведена путем опроса местных жителей.

б. Оценка ресурсов:

Оценка может быть проведена путем расчета потенциальных ресурсов, имеющихся в наличии для ветра, солнечной энергии, биомассы, газа и других возобновляемых источников энергии с использованием имеющихся метеорологических данных.

в. Барьеры / ограничения:

- Ежегодный спрос на электроэнергию,
- Надежность,
- Чистая текущая стоимость,
- Факторы окружающей среды,
- Занятость.

Чтобы выбрать оптимальную комбинацию комбинированной системы для удовлетворения потребностей населения, оценка должна проводиться на основе надежности вырабатываемой мощности и стоимости жизненного цикла системы.

Надежность вырабатываемой мощности считается важным фактором в процессе разработки комбинированной системы [1, 2].

Существует несколько экономических критериев для анализа стоимости системы, таких как:

- Чистая текущая стоимость [5],
- Уточненная стоимость энергии [6],
- Стоимость жизненного цикла [7].

Чистая текущая стоимость определяется из общей текущей стоимости, которая включает начальную стоимость всех компонентов системы, стоимость замены любого компонента, которая возникает в течение жизненного цикла проекта, и стоимость обслуживания.

Для разработчиков важно найти подходящий метод оптимизации выбора оптимальной конфигурации системы. Существует несколько методов оптимизации для комбинированной системы.

Используются: графические методы построения, вероятностный подход, итерационная техника, методы искусственного интеллекта и многоцелевая разработка.

- Метод графического построения: этот метод был представлен учеными Боровым и Саламехом [10] на основе использования долгосрочных данных о солнечном излучении, скорости ветра, зарегистрированных за каждый час дня в течение 30 лет.

- Вероятностный подход. Такой подход расчета учитывает влияние изменения солнечного излучения и изменчивости скорости ветра в конструкции системы. Ученый Буцарелли [12] предложил метод калибровки, рассматривающий изменение энергии хранения как случайное блуждание.

- Итерационная техника [14]: была предложена модель оптимизации комбинированной солнечной ветровой системы, которая использует метод итеративной оптимизации, следующий за моделью с оценкой мощности энергии для надежности мощности и стоимости системы соответствен-

но. Аналогичным образом был представлен итерационный метод оптимизации. Необходимо выбрать размер ветровой турбины и номер модуля солнечной панели, используя итеративную процедуру, чтобы узнать разницу между генерируемой и требуемой мощностью. И свести ее к минимуму в течение определенного периода времени.

- Искусственный интеллект: это термин, который в самом широком смысле означает способность машины выполнять функции, которые характеризуют человеческую мысль. Методы искусственного интеллекта, такие как искусственные нейронные сети, генетический алгоритм, нечеткая логика, PSO (оптимизация роевых частиц, АСО (оптимизация колоний муравьев), широко используемая для оптимизации комбинированной системы с целью максимизации ее экономических преимуществ.

Технология хранения важна для обеспечения непрерывной подачи энергии на нагрузку. Существует много типов хранилищ энергии, которые могут быть использованы в комбинированной системе возобновляемых источников энергии, например, в хранилище энергии сжатого воздуха, гидронасосе с накачкой, водородных топливных элементах, маховиках, суперконденсаторах, сверхпроводящем хранилище магнитной энергии и батареях.

Использование сверхпроводящих хранилищ магнитной энергии - новая технология, которая имеет наивысшую эффективность, но она очень дорогая из-за использования сверхпроводящей проводки в катушке. Водородные хранилища и суперконденсаторы не являются предпочтительными для установок, где постоянная техническая поддержка недоступна. Для приложения с малой мощностью использование гидронасосов с накачкой не оправдано, так как в системе есть большие начальные затраты. Хранилище энергии сжатого воздуха - относительно дешевая форма хранения энергии, но для местоположения системы необходимы подземные накопители для сжатого воздуха. Маховики эффективны и имеют низкую стоимость, но они имеют высокую скорость разряда. Аккумуляторные батареи являются идеальным решением для комбинированных систем, поскольку они представляют собой изученную форму хранения и могут обеспечить высокую плотность энергии и высокую мощность при низких затратах.

В статье представлен обзор комбинированных систем возобновляемых источников энергии. В частности, рассматриваются различные аспекты, такие как методология, размер и оптимизация единиц измерения, хранение и управление потоками энергии. Также в статье освещаются будущие тенденции и современные проблемы комбинированных систем энергоснабжения.

#### *Список литературы*

1. Yang HX, Burnett J, Lu L, «Weather data and probability analysis of hybrid photovoltaic-wind power generation systems in Hong Kong», in *Renew Energy*, 2003, vol. 28(11), pp. 1813-1824.

2. Maghraby HAM, Shwehdi MH, Al-Bassam GK, «Probabilistic assessment of photovoltaic (PV) generation systems», in *IEEE Trans Power Syst*, 2002, vol. 17(1), pp. 205-208.

3.Li C-H, Zhu X-J, Cao G-Y, and [etc], «Dynamic modeling and sizing optimization of stand-alone photovoltaic power systems using hybrid energy storage technology», 2009, in *Renew Energy*, vol. 32(3), pp. 815–826.

4.Al-Ashwal AM, Moghram IS, «Proportion assessment of combined PV–wind generating systems», 1997, in *Renew Energy*, vol. 10(1), pp. 43–51.

5.Diaf S, Notton G, Belhamel M and [etc], «Design and technoeconomical optimization for hybrid PV/wind system under various meteorological conditions», in *Appl Energy*, 2008, vol. 85(10), pp. 968-987.

*Semenyakov Dmitry Nikolaevich, student  
(sem200333@gmail.com)*

*Don State Technical University*

### **COMBINED RENEWABLE ENERGY SYSTEM**

*The rapid depletion of fossil fuels has necessitated an urgent need for alternative energy sources to meet the ever-increasing demand for energy. Another key reason for reducing the consumption of fossil fuels is the increasing phenomena of global warming. Environmentally friendly electricity generation technologies will play an important role in the future of energy supply.*

*Keywords: combined system, renewable energy sources, ecology, environmentally friendly technologies.*

## **АНАЛИЗ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 кВ**

***Сёмина Елена Сергеевна, к.т.н., доцент,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)***

***Максименко Ольга Олеговна, к.т.н., доцент  
(e-mail: oly25252008@yandex.ru)***

***Слободскова Анастасия Анатольевна, к.т.н., доцент,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)***

***Никушкин Игорь Сергеевич, студент***

***Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия***

*В данной статье проводится анализ коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях 0,4 кВ и мероприятия по их снижению.*

*Ключевые слова: электрическая энергия, коммерческие потери электроэнергии, потребители электрической энергии, учет электрической энергии.*

В настоящее время в промышленной энергетике практически отлажен механизм автоматизированного коммерческого учета электроэнергии (КУЭ). Технологический процесс электроснабжения на сегодняшний день позволяет применять избирательные меры воздействия к злостным неплательщикам. Однако процесс потребления электроэнергии в сетях 0,4 кВ в большинстве случаев, пока, не поддается автоматизированному достоверному контролю и учету. В электрических сетях 0,4 кВ снижение коммерческих потерь, является сложной и трудоемкой задачей. Связано это в ос-

новном с неплательщиками и несанкционированным потреблением электрической энергии в коммунально – бытовом секторе. По имеющимся официальным данным величина коммерческих потерь электрической энергии в отдельных регионах России достигает 40% от потребляемой и большая половина всех потребителей электроэнергии нуждается в постоянном контроле сумм и сроков оплаты [1,2,3].

Анализ приведенной на рис. 1.1 структуры позволяет сформулировать основные направления деятельности энергосбытового предприятия по снижению коммерческих потерь электроэнергии. Это разработка и внедрение мероприятий, связанных с: совершенствованием внутриорганизационной деятельности на энергопредприятии; предотвращением и выявлением фактов хищения электроэнергии, в том числе обнаружением мест несанкционированного подключения к линиям электроснабжения; контролем своевременности и полноты платежей за потребленную электроэнергию; реализацией функций оперативного диспетчерского управления на уровне каждого энергопотребителя; непрерывным контролем качества электроэнергии и оперативным устранением причин, вызывающих нарушение качества электроэнергии [4].

Хищению электроэнергии в первую очередь способствует известная специфическая особенность данного товара, заключающаяся в том, что его производство, передача, распределение и потребление (т.е. приобретение) происходят одновременно. На всех указанных этапах электроэнергию невозможно складировать (аккумулировать) и хранить. Завершающим этапом этого цикла является реализация электрической энергии ее потребителям, определяющая коммерческие (финансовые) результаты деятельности энергосбытовых организаций. [5,6,7].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что внедрение эффективных автоматизированных систем учета электрической энергии является необходимой и актуальной мерой. Так же следует учитывать, что в коммунально-бытовом секторе электроэнергетики России, в настоящее время около 50 % потребителей электроэнергии (ПЭ) нуждается в постоянном контроле сроков и сумм оплаты [8,9,10].

Таким образом также стоит отметить, что на сегодняшний день не имеется какой либо обоснованной концепции и решения, которые были бы связаны с применением АСКУЭ в коммунально – бытовом секторе электроэнергетики России для комплексного снижения КПЭ. Для масштабного внедрения АСКУЭ требуются большие затраты. Следовательно, разработка методов и средств автоматизации КУЭ, использование которых позволит создать эффективную АСКУЭ со специальными функциями, направленными на комплексное снижение КПЭ, является актуальной задачей.



Рисунок 1.1. – Структура коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 кВ

Проведенный анализ показал, что основной экономический ущерб связан с подключением нагрузки ПЭ до места установки приборов учета, то есть в обход этих приборов. Поэтому необходимо разрабатывать новые автоматизированные методы предотвращения и обнаружения НПЭ [11,12].

#### Список литературы

1. Морозов, А.С., Анализ ламп применяемых для переменного оптического облучения рассады овощных культур в теплицах / Морозов А.С., Семина Е.С., Фатьянов С.О., Семин В.И., Трыханкин А.И., Трухачев С.С. // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 305-310.

2. Гришин И.И., Сравнение полупроводниковых приборов применяемых в преобразователях электрической энергии систем электроснабжения/ И.И. Гришин, Е.С. Семина, А.С. Морозов, М. Бахрамзод // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. - 2015. - № 3. - С. 232-235.

3. Максименко, О.О Результаты исследования работы двигателя с тангенциальными каналами в горловине поршневой камеры / Максименко О.О., Семина Е.С., Киреев В.К., Мальгина А.Ю. // В сборнике: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения. Материалы 71-й Международной научно-практической конференции . 2020. С. 156-159..

4. Слободскова, А.А., Применение акселерометров для определения точного режима движения кормораздатчика. / Слободскова А.А., Латышенко Н.М., Семина Е.С., Фатьянов С.О. // В книге: Актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 205-207.

5. Fatyanov, S.O. Determination of the parameters of an ellipsoidal electrode tip for treating agricultural animals using uhf – therapy methods / Fatyanov S.O., Pustovalov A.P., Pashchenko V.M., Morozov A.S., Semina E.S. // В сборнике: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Hu-

man Resources” (FIES 2021). Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. Kazan, 2021. С. 00046.

6. Слободскова, А.А. К вопросу повышения посевных качеств семенного материала // Е.С. Семина, А.А. Слободскова, А.Д. Егоров, В.А. Корнеев // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева, 2020.- № 2 (11). - С. 153-157.

7. Семина, Е.С., Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Лотоцкий В.А., Черкашина В.А. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 135-140.

8. Максименко, О.О., Энергосберегающие режимы работы электроприводов насосов системы водоснабжения комплексов КРС. / Максименко О.О., Семина Е.С., Слободскова А.А., Сачков П.В., Черкашин Е.С. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ университета имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 110-116.

9. Семина, Е.С., Коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 кВ и мероприятия по их снижению. / Семина Е.С., Слободскова А.А., Максименко О.О., Черкашин Е.С., Ланин Н.А. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 140-143.

10. Максименко, О.О., Применение регулируемого электропривода насосов системы водоснабжения животноводческих комплексов КРС для снижения энергопотребления. / Максименко О.О., Семина Е.С., Сачков П.В., Слободскова А.А., Черкашина В.А. // В сборнике: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства. материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. . 2020. С. 272-276.

11. Семина, Е.С., Исследование причин поломок асинхронных двигателей и эффективности работы устройств их защиты. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С. // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 332-335.

12. Семина, Е.С., Влияния низкоинтенсивного инфракрасного излучения на качество свежесвыдоенного молока. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С. // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 422-428.

*Semina Elena Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Maksimenko Olga Olegovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Slobodskova Anastasia Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Nikushkin Igor Sergeevich, student*

*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

#### **ANALYSIS OF COMMERCIAL ELECTRICITY LOSSES IN 0.4 KV ELECTRIC NETWORKS**

*This article analyzes commercial electricity losses in 0.4 kV electrical networks and measures to reduce them.*

*Keywords: electric energy, commercial electricity losses, electric energy consumers, electric energy accounting.*

## К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ПОТЕРЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Сёмина Елена Сергеевна**, к.т.н., доцент,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)

**Максименко Ольга Олеговна**, к.т.н., доцент  
(e-mail: oly25252008@yandex.ru)

**Слободскова Анастасия Анатольевна**, к.т.н., доцент,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)

**Никушкин Игорь Сергеевич**, студент  
Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

*В данной статье говорится о необходимости проведения расчета токов и напряжений для разработки новых методов выявления и снижения коммерческих потерь.*

*Ключевые слова: электрическая энергия, несанкционированные потери электроэнергии, учет электрической энергии.*

В современной промышленной энергетике на сегодняшний день практически отлажен механизм автоматизированного коммерческого учета электроэнергии (КУЭ). Технологический процесс электроснабжения на сегодняшний день позволяет применять избирательные меры воздействия к злостным неплательщикам. В электрических сетях 0,4 кВ снижение коммерческих потерь, является сложной и трудоемкой задачей. Связано это в основном с неплательщиками и несанкционированным потреблением электрической энергии в коммунально – бытовом секторе. Для разработки новых методов выявления и снижения коммерческих потерь электрической энергии в сетях 0,4 кВ, организации коммерческих потерь электроэнергии и дистанционного управления потреблением электрической энергии с помощью автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии необходимо проведение расчета токов и напряжений. Расчет токов и напряжений при несанкционированном потреблении электроэнергии необходимо проводить одновременно в нескольких узлах линии с помощью измерения токов и напряжений с конца линии. [1,2,3,4].

Расчет проводится следующим образом:

Сначала необходимо определить падение напряжения на  $(i + 1)$  – м участке фазного провода:

$$\Delta U_{J(i+1)} = (\sum_{m=i+1}^n I_{J_{нг\ m}} + \sum_{m=i+2}^n I_{J_{нк\ m}}) Z_{np(i+1)}, \quad (1)$$

Затем вычисляем суммы векторов фазных напряжений в 1-м и  $(i + 1)$  – м узлах линии

$$\sum_{J=ABC} U_{J1}; \sum_{J=ABC} U_{J(i+1)} \quad (2)$$

Следующим шагом необходимо рассчитать ток в нулевом проводе на  $(i + 1)$  – м участке при допущении,  $Z_{Anp(i+1)} = Z_{Bnp(i+1)} = Z_{Cnp(i+1)} = Z_{np(i+1)}$

$$I_{0(i+1)} = \frac{\sum_{J=ABC} U_{J1} - \sum_{J=ABC} U_{(J+1)}}{Z_{np(i+1)} + 3 Z_{np0(i+1)}} \quad (3)$$

Затем вычисляются фазные напряжения в 1-м узле линии без учета несанкционированного потребления электрической энергии в  $(i + 1) -$  м узле линии и соответственно проверяется условие  $U_{J1} = U_{J_{изм1}}$ . На основании сравнений этих напряжений определяется узел  $J_1$ , где происходит несанкционированное потребление электрической энергии [5,6,7,8].

$$U_{A1} = U_{A_{изм}(i+1)} + \left( \sum_{m=i+1}^n I_{A_{нзм}m} + \sum_{m=i+2}^n I_{A_{нзм}m} \right) Z_{A_{np}(i+1)} + I_{np(i+1)} Z_{np0(i+1)}$$

$$U_{B1} = U_{B_{изм}(i+1)} + \left( \sum_{m=i+1}^n I_{B_{нзм}m} + \sum_{m=i+2}^n I_{B_{нзм}m} \right) Z_{B_{np}(i+1)} + I_{np(i+1)} Z_{np0(i+1)}$$

$$U_{C1} = U_{C_{изм}(i+1)} + \left( \sum_{m=i+1}^n I_{C_{нзм}m} + \sum_{m=i+2}^n I_{C_{нзм}m} \right) Z_{C_{np}(i+1)} + I_{np(i+1)} Z_{np0(i+1)}$$

Для вычисления тока в узле  $(i + 1) -$  м воспользуемся выражением

$$I_{J_{нк}(i+1)} = \frac{U_{J1} - U_{J(i+1)} - U_{0(i+1)}}{Z_{np(i+1)}} - \left( \sum_{m=i+1}^n I_{J_{нзм}m} + \sum_{m=i+2}^n I_{J_{нзм}m} \right)$$

где  $\Delta U_{0(i+1)} = I_{0(i+1)} Z_{np0(i+1)}$  - падение напряжения на  $(i + 1) -$  м участке нулевого провода.

Затем вычисляются фазные напряжения в 1-м узле, в том самом где обнаружено несанкционированное потребление электрической энергии, с учетом тока несанкционированного потребления электроэнергии и проверяем выполняется ли условие:

$$U_{J1} = U_{J_{изм1}} U_{J1} = U_{J(i+1)} - \left( \sum_{m=i+1}^n I_{J_{нзм}m} + \sum_{m=i+2}^n I_{J_{нзм}m} \right) Z_{np(i+1)} + I_{np(i+1)} Z_{np0(i+1)}$$

В том случае, если расчетное напряжение получаем равным измеренному, заканчиваем расчет для этого узла и переходим к следующему узлу линии. Если не равно то возвращаемся к формуле 2.

Мощность НПЭ в узле линии определяем по формуле

$$P_{J_{нк1}} = I_{J_{нк1}} U_{J1}$$

Таким образом необходимо определить значения всех токов и напряжений в каждом узле линии начиная с начала расчета. Сделав расчет в сторону источника питания, определяем все узлы в которых происходит несанкционированное потребление электрической энергии и мощность  $P_{J_{нк1}}$ . [9,10].

Для проверки работоспособности данного алгоритма, было проведено численное моделирование при помощи ЭВМ ВЛ. Линию поделили на девять участков. Протяженность каждого участка 50 м. Задали мощности, при номинальном напряжении. Контроль проводился во всех узлах ВЛ и в местах несанкционированного потребления электрической энергии. При этом мощности были приняты одинаковыми 1 кВт, а полное сопротивление

ние нагрузок по  $Z = 29$  Ом. При расчете по данному алгоритму погрешность не превысила 3% [11,12].

*Список литературы*

1. Морозов, А.С., Анализ ламп применяемых для переменного оптического облучения рассады овощных культур в теплицах / Морозов А.С., Семина Е.С., Фатьянов С.О., Семин В.И., Трыханкин А.И., Трухачев С.С. // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 305-310.

2. Гришин И.И., Сравнение полупроводниковых приборов применяемых в преобразователях электрической энергии систем электроснабжения/ И.И. Гришин, Е.С. Семина, А.С. Морозов, М. Бахрамзод // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. - 2015. - № 3. - С. 232-235.

3. Максименко, О.О Результаты исследования работы двигателя с тангенциальными каналами в горловине поршневой камеры / Максименко О.О., Семина Е.С., Киреев В.К., Мальгина А.Ю. // В сборнике: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения. Материалы 71-й Международной научно-практической конференции . 2020. С. 156-159..

4. Слободскова, А.А., Применение акселерометров для определения точного режима движения кормораздатчика. / Слободскова А.А., Латышенок Н.М., Семина Е.С., Фатьянов С.О. // В книге: Актуальные проблемы энергетики аПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 205-207.

5. Fatyanov, S.O. Determination of the parameters of an ellipsoidal electrode tip for treating agricultural animals using uhf – therapy methods / Fatyanov S.O., Pustovalov A.P., Pashchenko V.M., Morozov A.S., Semina E.S. // В сборнике: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021). Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. Kazan, 2021. С. 00046.

6. Слободскова, А.А. К вопросу повышения посевных качеств семенного материала // Е.С. Семина, А.А. Слободскова, А.Д. Егоров, В.А. Корнеев // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева, 2020.- № 2 (11). - С. 153-157.

7. Семина, Е.С., Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Лотоцкий В.А., Черкашина В.А. //Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 135-140.

8. Максименко, О.О., Энергосберегающие режимы работы электроприводов насосов системы водоснабжения комплексов КРС. / Максименко О.О., Семина Е.С., Слободскова А.А., Сачков П.В., Черкашин Е.С. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ университета имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 110-116.

9. . Семина, Е.С., Коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 кВ и мероприятия по их снижению. / Семина Е.С., Слободскова А.А., Максименко О.О., Черкашин Е.С., Ланин Н.А. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 140-143.

10. Максименко, О.О., Применение регулируемого электропривода насосов системы водоснабжения животноводческих комплексов КРС для снижения энергопотребления. / Максименко О.О., Семина Е.С., Сачков П.В., Слободскова А.А., Черкашина В.А. // В сборнике: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства. материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. . 2020. С. 272-276.

11. Семина, Е.С., Исследование причин поломок асинхронных двигателей и эффективности работы устройств их защиты. / Сёмина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С. // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 332-335.

12. Семина, Е.С., Влияния низкоинтенсивного инфракрасного излучения на качество свежесвыдоенного молока. / Сёмина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С. // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 422-428.

*Semina Elena Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*

*(e-mail: ele25450911@yandex.ru )*

*Maksimenko Olga Olegovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*(e-mail: oly25252008@yandex.ru )*

*Slobodskova Anastasia Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*

*(e-mail: ele25450911@yandex.ru )*

*Nikushkin Igor Sergeevich, student*

*Ryazan State Agrotechnological University*

*named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

*Semina E.Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*

*(e-mail: ele25450911@yandex.ru )*

#### **ON THE ISSUE OF CALCULATING CURRENTS AND VOLTAGES IN CASE OF UNAUTHORIZED POWER LOSSES**

*This article talks about the need to calculate currents and voltages in order to develop new methods for detecting and reducing commercial losses.*

*Keywords: electric energy, unauthorized electricity losses, electric energy accounting.*

## **РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КРС**

**Сёмина Елена Сергеевна**, к.т.н., доцент,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)

**Максименко Ольга Олеговна**, к.т.н., доцент  
(e-mail: oly25252008@yandex.ru)

**Слободскова Анастасия Анатольевна**, к.т.н., доцент,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)

**Никушкин Игорь Сергеевич**, студент

*Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия*

*В данной статье говорится о мероприятиях по снижению энергопотребления на предприятиях агропромышленного комплекса.*

*Ключевые слова: электрическая энергия, энергосберегающие электродвигатели, перерасход электрической энергии, автоматическое регулирование насосов.*

В последнее время вопрос энергоснабжения в агропромышленном хозяйстве становится все более актуальным. Эту задачу решают путем применения электрических приводов, которые разрабатывают для сбережения электроэнергии. Данные двигатели дают возможность осуществлять условия технологического процесса, уменьшая при этом энергопотребление, а также коэффициент полезного действия двигателя стремится к номинальному значению.

Потребление электроэнергии возможно снизить в центральных сельскохозяйственных областях таких как: вентиляция, водоснабжение и кормоприготовление.

Разработка энергосберегающих электродвигателей с применением устройств преобразования частоты считается перспективным направлением, цель которого уменьшение энергопотребления, а также совершенствование показателей самого электропривода.

В данной статье рассмотрены технологические условия к поению КРС, системы аграрного водоснабжения. График водопотребления за сутки на животноводческой ферме на 200 единиц скота показан на рисунке 1.

Исходя из данных графика, следует вывод, что в течение дня потребление воды было неодинаковое [1,2,3,4].

Чаще всего в животноводческих комплексах в системах водоснабжения устанавливают нерегулируемый электропривод, который работает в режиме предельного расхода воды, из этого следует, что из-за отсутствия возможности регулирования режима работы электропривода, потребляется максимальное количество электрической энергии даже во время сниженного потребления воды.

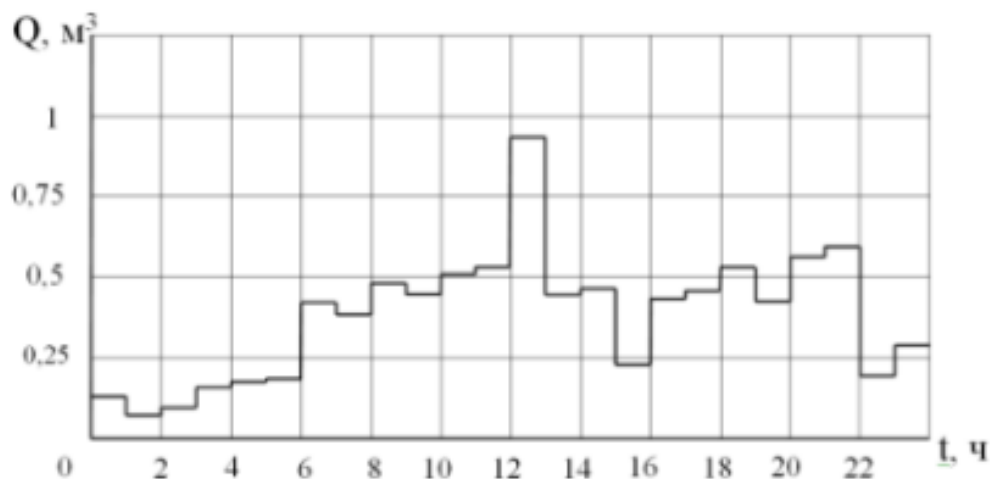


Рисунок 1 – График водопотребления в системе автопоения животноводческого комплекса

Таким образом, чтобы избежать перерасхода электроэнергии, следует внедрять в систему водоснабжения насосную установку с возможностью регулирования потребляемой мощности. Для обеспечения качественного регулирования водоснабжения следует проанализировать системы, которые применяют в современных системах водоснабжения животноводческих комплексов КРС [5,6,7].

Исследование систем водоснабжения (рис. 2) показало, что прямоточная система водоснабжения считается наиболее подходящей для агропромышленных потребителей, потому как в ней отсутствует вспомогательный резервуар, для создания давления в системе водоснабжения, которое создается при помощи привода.



Рисунок 2 – Системы водоснабжения

Для обеспечения водоснабжения КРС с возможностью регулирования, следует рассмотреть системы и устройства, служащие для поения животных. Качественное водоснабжение в современном животноводческом ком-

плексе КРС обеспечивают системы поения разнообразных конструкций, в зависимости от вида содержания (привязное или беспривязное).

В виде систем автоматизированного процесса водоснабжения животно-водческих комплексов применяют системы типа СУЗ, Каскад, ШЭП, использующие в управлении датчики уровня воды при башенном или резервуарном водоснабжении.

Анализ устройств автоматического регулирования насоса посредством датчиков уровня воды показал, что наиболее подходящими считаются системы регулирования электропривода при помощи регулирования частоты вращения. Таким образом, есть возможность выбирать энергосберегающий режим работы насоса из нескольких вариантов. [9,10].

Рассмотрев методы регулирования асинхронного электропривода, можно сделать вывод, что из числа механических и электрических способов регулирования частоты наиболее подходящим будет электрический способ с применением вентильных преобразователей частоты с промежуточным звеном постоянного тока на IGBT-транзисторах, задействующие широтно-импульсную модуляцию. Преобразователи частоты данного типа могут менять напряжение и частоту питающей сети в одно время, регулируя подобным образом частоту вращения двигателя.

В новых преобразователях частоты с целью управления частоты вращения асинхронных двигателей применяют скалярное и векторное управление. [11,12].

По полученным данным в ходе анализа, можно сделать вывод, что скалярные способы управления преобразователями частоты являются более простыми и недорогими.

#### *Список литературы*

1. Морозов, А.С., Анализ ламп применяемых для переменного оптического облучения рассады овощных культур в теплицах / Морозов А.С., Семина Е.С., Фатьянов С.О., Семин В.И., Трыханкин А.И., Трухачев С.С. // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 305-310.

2. Гришин И.И., Сравнение полупроводниковых приборов применяемых в преобразователях электрической энергии систем электроснабжения/ И.И. Гришин, Е.С. Семина, А.С. Морозов, М. Бахрамзод // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ. - 2015. - № 3. - С. 232-235.

3. Максименко, О.О Результаты исследования работы двигателя с тангенциальными каналами в горловине поршневой камеры / Максименко О.О., Семина Е.С., Киреев В.К., Мальгина А.Ю. // В сборнике: Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения. Материалы 71-й Международной научно-практической конференции . 2020. С. 156-159..

4. Слободскова, А.А., Применение акселерометров для определения точного режима движения кормораздатчика. / Слободскова А.А., Латышенок Н.М., Семина Е.С., Фатьянов С.О. // В книге: Актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 205-207.

5. Fatyanov, S.O. Determination of the parameters of an ellipsoidal electrode tip for treating agricultural animals using uhf – therapy methods / Fatyanov S.O., Pustovalov A.P.,

Pashchenko V.M., Morozov A.S., Semina E.S. // В сборнике: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021). Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. Kazan, 2021. С. 00046.

6. Слободскова, А.А. К вопросу повышения посевных качеств семенного материала // Е.С. Семина, А.А. Слободскова, А.Д. Егоров, В.А. Корнеев // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева, 2020.- № 2 (11). - С. 153-157.

7. Семина, Е.С., Разработка новых технических средств для термической обработки кормов в фермерских и личных подсобных хозяйствах. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Лотоцкий В.А., Черкашина В.А. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 135-140.

8. Максименко, О.О., Энергосберегающие режимы работы электроприводов насосов системы водоснабжения комплексов КРС. / Максименко О.О., Семина Е.С., Слободскова А.А., Сачков П.В., Черкашин Е.С. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ университета имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 110-116.

9. Семина, Е.С., Коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 кВ и мероприятия по их снижению. / Семина Е.С., Слободскова А.А., Максименко О.О., Черкашин Е.С., Ланин Н.А. // Вестник Совета молодых ученых РГАТУ имени П.А. Костычева. 2020. № 2 (11). С. 140-143.

10. Максименко, О.О., Применение регулируемого электропривода насосов системы водоснабжения животноводческих комплексов КРС для снижения энергопотребления. / Максименко О.О., Семина Е.С., Сачков П.В., Слободскова А.А., Черкашина В.А. // В сборнике: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства. материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академиком МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. . 2020. С. 272-276.

11. Семина, Е.С., Исследование причин поломок асинхронных двигателей и эффективности работы устройств их защиты. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С. // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 332-335.

12. Семина, Е.С., Влияния низкоинтенсивного инфракрасного излучения на качество свежесвыдоенного молока. / Семина Е.С., Максименко О.О., Слободскова А.А., Никушкин И.С. // В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 422-428.

*Semina Elena Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)*

*Maksimenko Olga Olegovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
(e-mail: oly25252008@yandex.ru)*

*Slobodskova Anastasia Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
(e-mail: ele25450911@yandex.ru)*

*Nikushkin Igor Sergeevich, student*

*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

## **ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVE OF PUMPS IN WATER SUPPLY SYSTEMS OF CATTLE BREEDING COMPLEXES**

*This article talks about measures to reduce energy consumption at the enterprises of the agro-industrial complex.*

*Keywords: electric energy, energy-saving electric motors, overspending of electric energy, automatic regulation of pumps.*

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ВОЛЬФРАМА С МЕТАЛЛАМИ ГРУППЫ ЖЕЛЕЗА**

*Серебровский Владимир Исаевич, д.т.н., профессор*

*(e-mail: svi.doc@yandex.ru)*

*Калуцкий Евгений Сергеевич, к.т.н.*

*(e-mail: kalutsky1990@mail.ru)*

*Серникова Ольга Сергеевна, аспирант*

*(e-mail: olga.sernikova@mail.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В настоящей статье рассматривается возможность совместного осаждения электролитическим способом вольфрама и металлов группы железа: никель, кобальт, железо. Показаны особенности получения электроосажденных сплавов, а также даны некоторые физико-механические характеристики получаемых покрытий.*

*Ключевые слова: электроосаждение, вольфрам, железо, никель, кобальт, совместное осаждение.*

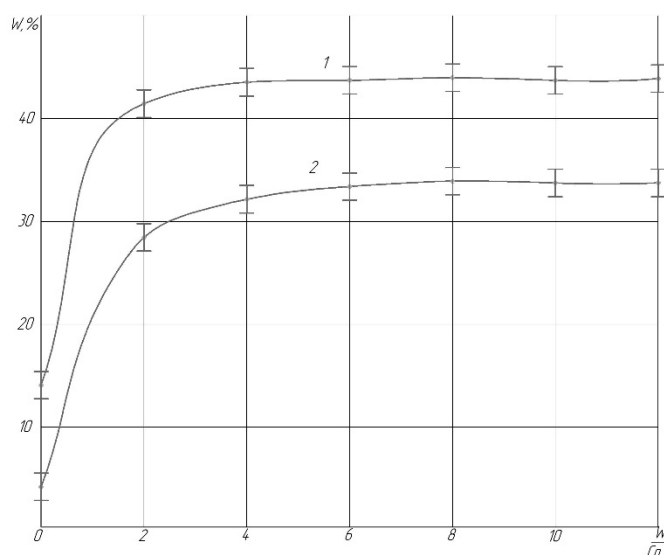
Электролитическое получение сплавов вольфрама с металлами группы железа представляет интерес в связи с тем, что эти сплавы химически стойкие, имеют хороший внешний вид, обладают высокими механическими показателями (значительная прочность, износостойкость и др.) [1,2].

Как известно, молибден и вольфрам осаждать в чистом виде электролитически из водных растворов не удается. В начале электролиза на катоде выделяется тонкий слой осадка этих металлов, который быстро окисляется, и из-за низкого перенапряжения водорода начинает выделяться только водород, осаждение же металла прекращается. Следует отметить, что попытка определения равновесного потенциала молибдена и вольфрама в водных растворах не увенчалась успехом, так как поверхность этих металлов в водных средах быстро покрывается окисью. Вследствие указанных осложнений не удастся на основании теории совместного разряда ионов металлов предсказать условия совместного осаждения вольфрама и молибдена с другими металлами, а следовательно, и регулировать этот процесс. Поэтому подбор условий при электроосаждении сплавов этих металлов ведется эмпирическим путем [3].

Совместное осаждение вольфрама и кобальта является наиболее интересным вариантом, за счет повышенной твердости и меньшего износа при достаточно высоких температурах. Для получения сплава вольфрам-кобальт известен ряд электролитов, из которых заслуживает наибольшего внимания следующий, кг/м<sup>3</sup>: Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> – 25; CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 25; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O – 400; NH<sub>4</sub>OH – 8,5; NH<sub>4</sub>Cl – 50. Содержание вольфрама в сплаве, полученного из представленного электролита составляет 30-35 %.

Следует отметить, что высокое содержание вольфрама в сплаве неоднозначно определяет хорошее качество полученного осадка. Многочисленные опыты свидетельствуют о достаточном количестве покрытий довольно низкого качества. Изменение компонентов в самом электролите позволяет регулировать состав электролитического вольфрамово-кобальтового сплава. При этом с увеличением концентрации осаждаемого металла увеличивается и скорость осаждения сплава. Однако увеличение концентрации лимитируется растворимостью этих солей, поэтому одной из главных задач является подбор условий, дающих возможность увеличивать растворимость солей, соосаждаемых металлов. Увеличению растворимости солей вольфрама благоприятно органические кислоты.

Такие факторы, как температура, концентрация электролита и pH раствора, сравнительно мало влияют на состав сплава, хотя физико-механические свойства осадков существенно зависят от этих факторов.



- 1 – с добавлением в электролит лимонной кислоты;  
2 – с добавлением в электролит винной кислоты

Рисунок 1 – Влияние отношения концентрации ионов  $W/Co$  в электролите на содержание  $W$  в сплаве

Осаждение сплава вольфрам – никель можно осуществить из различных по составу электролитов. Однако, особый интерес вызывает лимоннокислый электролит, за счет возможности получения более эластичного осадка с невысоким содержанием микротрещин и низкими внутренними напряжениями [4]. Состав данного электролита следующий ( $кг/м^3$ ): лимоннокислый натрий – 200; сульфат никеля – 13; хлорид аммония – 50 и вольфрамат натрия – 68. Выход сплава по току составляет около 80% при плотности тока  $20 А/дм^2$ . В рассматриваемых условия можно получить покрытие с содержанием вольфрама около 33%. Наиболее эффективно на содержание вольфрама в сплаве влияет изменение соотношения солей вольфрама и никеля в электролите. Особенно резкое влияние на состав сплава наблюдает-

ся при изменении соотношения W/Ni от малых значений до 6. Дальнейшее увеличение соотношения уже вызывает незначительное обогащение сплава вольфрамом. В наиболее богатом вольфрамом сплаве с достаточно хорошим качеством осадка, который удается получить, содержание вольфрама достигает 35%. Увеличение плотности тока, как правило, также способствует возрастанию содержания вольфрама в сплаве.

При электроосаждении сплава вольфрам-железо в электролите имеются ионы железа двух видов  $Fe^{++}$  и  $Fe^{+++}$ . В щелочных растворах двухвалентное железо легко окисляется, что осложняет изучение этого процесса и затрудняет установление стабильного режима электролита. Сплав, полученный из электролита, содержащего,  $кг/м^3$ :  $Na_2WO_4 - 30$ , содержит около 50% вольфрама [3,5]. Для изготовления электролита следует растворить последовательно лимонную кислоту, сульфат железа и соли аммония. Вольфрамат натрия растворяется отдельно, подщелачивается аммиаком, а затем добавляется в первый раствор. Изменением состава электролита и условий электролиза можно варьировать содержание вольфрама в сплаве от 30 до 60%. Изменение плотности тока мало влияет на содержание вольфрама в сплаве, но значительно влияет на выход сплава по току. С увеличением температуры электролита, содержание вольфрама в осадке возрастает. Увеличение рН электролита также способствует увеличению содержанию вольфрама в сплаве. Выход металла по току при этом проходит через максимум. В качестве анода можно применять как железо, так и вольфрам. При применении железа анодная плотность тока должна быть низкой, так как при высоких плотностях тока происходит пассивация [6].

#### *Список литературы*

1. Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Калущкий Е.С. Электроосаждение легированных железных покрытий // В сборнике: Достижения научно-технического прогресса агропромышленному комплексу. материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2017. С. 69-77.
2. Серебровский В.И., Богомолов С.А., Калущкий Е.С. О возможности электроосаждения двухкомпонентных износостойких железомолибденовых и железвольфрамовых сплавов из хлористого железного электролита // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 5. С. 77-78.
3. Электроосаждение сплавов железо-молибден и железо-вольфрам / Серебровский В.И., Серебровский В.В., Сафронов Р.И., Колмыков Д.В., Гнездилова Ю.П. // В сборнике: Проблемы развития аграрного сектора региона. материалы всероссийской научно-практической конференции: в 4-х частях. 2006. С. 125-127.
4. К вопросу о сцепляемости электроосажденных покрытий с основным металлом / Серебровский В.И., Серебровский В.В., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П., Калущкий Е.С., Бабичев А.С. // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 216-218.

5. Способ электролитического осаждения сплава железо-вольфрам / Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Серебровский В.В., Коняев Н.В., Батищев А.Н. // Патент на изобретение RU 2192509 С2, 10.11.2002. Заявка № 2001100264/02 от 04.01.2001.
6. Серебровский В.И., Калуцкий Е.С., Руденко В.В. Гидратообразование при восстановлении деталей машин электроосажденными железными покрытиями // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2022. Т. 12. № 1. С. 70-82.
7. Повышение прочности деталей при электроосаждении железных покрытий/ Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Калуцкий Е.С.// В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 55-57.
8. Электроосаждение бинарных сплавов на основе железа/ Калуцкий Е.С., Серебровский В.В., Блинков Б.С., Должиков Г.В.// Сельский механизатор. 2016. № 5. С. 35-37.
9. Упрочнение восстановленных деталей машин электроосажденными бинарными покрытиями на основе железа/ Серебровская Л.Н., Калуцкий Е.С., Блинков Б.С., Серебровский А.В.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 301-308.
10. Электроосаждение сплавов на основе железа/ Блинков Б.С., Серебровский В.В., Калуцкий Е.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 67-70.
11. Исследование факторов, влияющих на качество электролитических покрытий/ Калуцкий Е.С., Иванов Е.А., Петрухин М.В., Петрусенко Е.А.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 300-306.
12. Упрочнение электроосаждённого железа бором/ Калуцкий Е.С., Серебровский В.В., Блинков Б.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 78-80.

***Serebrovsky Vladimir Isaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor***

*(e-mail: svi.doc@yandex.ru )*

***Kalutsky Evgeny Sergeevich, Candidate of Technical Sciences***

*(e-mail: kalutsky1990@mail.ru )*

***Sernikova Olga Sergeevna, postgraduate***

*student (e-mail: olga.sernikova@mail.ru )*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*

## **ON THE POSSIBILITY OF ELECTRODEPOSITION OF TUNGSTEN WITH IRON GROUP METALS**

*This article discusses the possibility of joint electrolytic deposition of tungsten and metals of the iron group: nickel, cobalt, iron. The features of obtaining electrodeposited alloys are shown, as well as some physical and mechanical characteristics of the coatings obtained are given.*

*Keywords: electrodeposition, tungsten, iron, nickel, cobalt, co-deposition.*

## К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ

*Серебровский Владимир Исаевич, д.т.н., профессор*  
(e-mail: svi.doc@yandex.ru)

*Серникова Ольга Сергеевна, аспирант*  
(e-mail: olga.sernikova@mail.ru)

*Кривоухова Людмила Валентиновна, магистрант*  
Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова

*В настоящей статье приведены исследования влияния режимов электролиза на выход сплава по току. Проведено математическое моделирование процесса, выявлены оптимальные параметры электролиза.*

*Ключевые слова: электроосаждение, моделирование, восстановление, плотность тока, показатель асимметрии.*

При нанесении металлокерамических покрытий на восстанавливаемые детали большое значение имеет определение условий электролиза, позволяющих вести процесс с максимальной производительностью при наиболее рациональном расходовании электроэнергии и оптимальном содержании керамической составляющей в материале сплава [1,2,3].

Существенный практический интерес имеет определение влияния керамических добавок на выход по току металлической составляющей железо-керамического сплава и установление влияния различных условий электролиза на содержание в сплаве окиси алюминия. Установление подобной зависимости может быть использовано для управления режимом электролиза с целью получения металлокерамического сплава с заданным количеством включений [4,5].

Рассматривалась задача отыскания условий получения покрытий с максимальным выходом осадка по току.

В качестве параметров оптимизации были выбраны:  $y_1$  – выход по току осадка в %;  $y_2$  – выход по току электролитического железа в %;  $y_3$  – содержание добавки в сплаве в %, в зависимости от кислотности (рН) электролита  $\tilde{x}_1 = 1,0 \pm 0,5$ , плотности тока в А/дм<sup>2</sup>;  $\tilde{x}_2 = 20,0 \pm 7,5$ , температуры электролита в °С;  $\tilde{x}_3 = 40,0 \pm 10$  и концентрации Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в кг/м<sup>3</sup>  $\tilde{x}_4 = 100,0 \pm 50,0$ .

Опыты проводились в хлоридном электролите, содержащем 600...650 кг/м<sup>3</sup> двуххлористого железа. В качестве керамической добавки служил тонкоизмельченный порошок окиси алюминия. Частицы находились во взвешенном состоянии в результате механического перемешивания. Выход металлокерамического осадка по току определялся по изменению веса по формуле [2,5,6,7]:

$$\eta_{oc} = \frac{G \cdot 100}{1,042 \cdot I \cdot \tau} \% \quad (1)$$

где  $G$  - вес покрытия, г;

$I$  - сила тока, А;

$\tau$  - время электролиза, мин

Параллельно проводилось выборочное определение выхода по току. Оба метода дали практически совпадающие результаты. Взвешивание образцов производилось на аналитических весах с точностью до  $\pm 0,1$  мг [7,8].

Для решения поставленных задач использовали центральное композиционное ротатабельное планирование второго порядка, так как предварительными исследованиями была найдена почти стационарная область.

Результаты эксперимента представлены полиномами второй степени, адекватно описывающими процесс электроосаждения металлокерамического сплава:

$$y_1 = 103,94 + 2,32x_1 + 1,58x_2 - 3,30x_3 + 2,11x_4 - 0,32x_1^2 + 0,93x_2^2 + 0,24x_3^2 - 0,71x_4^2 - 1,02x_1x_2 + 1,24x_1x_3 + 0,21x_1x_4 - 0,74x_2x_3 - 0,81x_2x_4 - 1,47x_3x_4$$

$$y_2 = 97,42 + 1,17x_1 - 0,05x_2 - 0,46x_3 + 0,38x_4 - 0,59x_1^2 - 0,13x_2^2 - 0,04x_3^2 - 0,40x_4^2 - 0,85x_1x_2 + 0,55x_1x_3 + 0,15x_1x_4 + 1,25x_2x_3 + 0,35x_2x_4 - 0,42x_3x_4$$

$$y_3 = 7,31 + 0,94x_1 + 1,43x_2 - 2,81x_3 + 1,68x_4 + 0,02x_1^2 - 0,41x_2^2 + 0,36x_3^2 - 0,22x_4^2 - 0,01x_1x_2 + 0,16x_1x_3 + 0,01x_1x_4 - 1,74x_2x_3 - 1,16x_2x_4 - 0,82x_3x_4$$

Все уравнения адекватно представляют экспериментальные данные.

Была рассчитана корреляция между параметрами оптимизации. Коэффициенты корреляции  $r_{12} = 0,856$ ;  $r_{13} = 0,736$  значимы для 0,01 уровня значимости. Это обстоятельство позволило в дальнейшем вести оптимизацию технологического процесса по одному из рассматриваемых параметров. В качестве такого параметра был выбран выход по току  $y_1$ .

Для исследования области экстремума была найдена каноническая форма уравнения регрессии:

$$Y - 108,24 = 0,24X_1^2 - 0,82X_2^2 - 0,75X_3^2 + 1,47X_4^2$$

Особая точка имеет координаты

$$x_{1_s} = 3,29; x_{2_s} = 1,83; x_{3_s} = 1,18; x_{4_s} = 0,93$$

Переход от старых координат к новым задается соотношениями:

$$X_1 = 0,32(x_1 - x_{1_s}) - 0,33(x_2 - x_{2_s}) + 0,8(x_3 - x_{3_s}) + 0,39(x_4 - x_{4_s})$$

$$X_2 = 0,53(x_1 - x_{1_s}) + 0,17(x_2 - x_{2_s}) + 0,24(x_3 - x_{3_s}) - 0,79(x_4 - x_{4_s})$$

$$X_3 = 0,76(x_1 - x_{1_s}) - 0,25(x_2 - x_{2_s}) + 0,41(x_3 - x_{3_s}) + 0,44(x_4 - x_{4_s})$$

$$X_4 = -0,19(x_1 - x_{1_s}) + 0,89(x_2 - x_{2_s}) + 0,36(x_3 - x_{3_s}) + 0,17(x_4 - x_{4_s})$$

Так как канонические коэффициенты имеют разные знаки, то исследуемая поверхность относится к типу минимакс (при движении в направлении осей  $X_1, X_4$  выход осадка по току будет увеличиваться, а в направлении  $X_2, X_3$  - уменьшаться). В этом случае можно найти точки максимального вы-

хода, двигаясь из центра поверхности отклика в направлении  $\pm X_1, \pm X_4$ . Чтобы найти соотношение между параметрами, определяющими наибольший выход, решалась совместно каждая из следующих четырех систем линейных уравнений

$$X_1 = \pm\alpha; X_1 = 0$$

$$X_2 = 0; X_2 = 0$$

$$X_3 = 0; X_3 = 0$$

$$X_4 = 0; X_4 = \pm\alpha$$

После окончания исследования были рекомендованы следующие условия электролиза, обеспечивающие максимальный выход по току: рН=2,6;  $D_k=40$  А/дм<sup>2</sup>;  $t=42$  °С;  $C=160$  кг/м<sup>3</sup>.

*Список литературы*

1. Калуцкий Е.С., Серебровский В.В., Блинков Б.С., Должиков Г.В. Электроосаждение бинарных сплавов на основе железа // Сельский механизатор. 2016. № 5. С. 35-37.
2. Серебровская Л.Н., Калуцкий Е.С., Блинков Б.С., Серебровский А.В. Упрочнение восстановленных деталей машин электроосажденными бинарными покрытиями на основе железа // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 301-308.
3. Блинков Б.С., Серебровский В.В., Калуцкий Е.С. Электроосаждение сплавов на основе железа // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 67-70.
4. Калуцкий Е.С., Иванов Е.А., Петрухин М.В., Петрусенко Е.А. Исследование факторов, влияющих на качество электролитических покрытий // В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 300-306.
5. Серебровский В.И., Калуцкий Е.С., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние параметров нестационарных режимов на структуру электроосажденного железа // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2020). сборник статей XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта. Курск, 2020. С. 335-338
6. Серебровский В.И., Калуцкий Е.С., Мясоедова М.А. Влияние режимов электролиза на субмикроструктуру электроосажденного железа // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2022. Т. 12. № 2. С. 26-39
7. Серебровский В.И., Гнездилова Ю.П., Калуцкий Е.С., Левина Е.В. Планирование эксперимента при исследовании износостойкости электроосажденных покрытий // Региональный вестник. 2016. № 2 (3). С. 38-39.
8. Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Калуцкий Е.С. Повышение прочности деталей при электроосаждении железных покрытий // В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 55-57.
9. Повышение прочности деталей при электроосаждении железных покрытий/ Серебровский В.И., Серебровская Л.Н., Калуцкий Е.С. // В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института

инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 55-57.

10. Электроосаждение бинарных сплавов на основе железа/ Калуцкий Е.С., Серебровский В.В., Блинков Б.С., Должиков Г.В.// Сельский механизатор. 2016. № 5. С. 35-37.

11. Упрочнение восстановленных деталей машин электроосажденными бинарными покрытиями на основе железа/ Серебровская Л.Н., Калуцкий Е.С., Блинков Б.С., Серебровский А.В.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 301-308.

12. Электроосаждение сплавов на основе железа/ Блинков Б.С., Серебровский В.В., Калуцкий Е.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 67-70.

13. Исследование факторов, влияющих на качество электролитических покрытий/ Калуцкий Е.С., Иванов Е.А., Петрухин М.В., Петрусенко Е.А.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 300-306.

14. Упрочнение электроосаждённого железа бором/ Калуцкий Е.С., Серебровский В.В., Блинков Б.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 78-80.

*Serebrovsky Vladimir Isaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor  
(e-mail: svi.doc@yandex.ru)*

*Sernikova Olga Sergeevna, post-graduate student  
(e-mail: olga.sernikova@mail.ru)*

*Krivoukhova Lyudmila Valentinovna, undergraduate  
Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanova*

#### **TO THE QUESTION OF INTENSIFICATION OF THE ELECTRODEPOSITION PROCESS**

*This article presents studies of the effect of electrolysis modes on the current output of the alloy. Mathematical modeling of the process has been carried out, the optimal parameters of electrolysis have been identified.*

*Key words: electrodeposition, simulation, recovery, current density, asymmetry index.*

## АВТОМАТИКА ОТЫСКИВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЛЭП. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ-ОМП

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье приведено краткое описание устройств автоматики отыскивания повреждений на линиях электропередач, рассмотрены особенности взаимодействия с другими элементами сети и методы диагностики.*

*Ключевые слова: диагностика, техническое состояние, автоматика отыскивания повреждений, определение места повреждения, ОМП, параметр режима.*

*Автоматизированная система ОМП по параметрам аварийного режима*

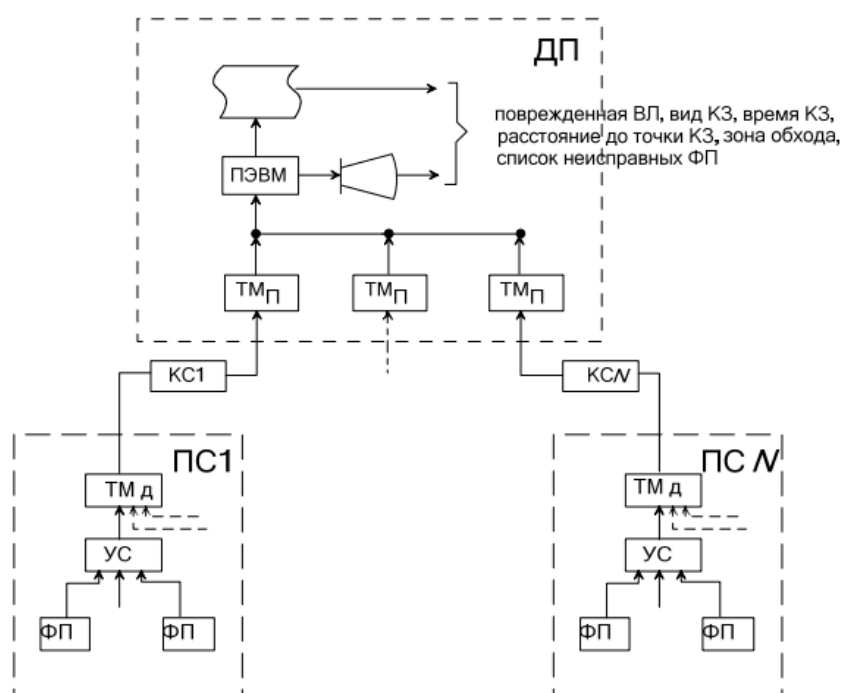


Рисунок 1-Схема автоматизированной системы ОМП

На данный момент для бесперебойной работы ОМП используют ряд устройств:

- Микропроцессорные устройства ОМП, к ним можно отнести МФИ, МИР, ФПМ, ИМФ;
- Микропроцессорные терминалы релейных защит, систем автоматики и управления;

Система способна:

- Учитывать реальную схему и «малые» параметры сети, а также использовать неупрощенные расчетные методы;
- Проверять достоверность полученных данных от ФП, благодаря избыточности информации способен обнаруживать неисправные ФП;

*Автоматические локационные искатели (АЛИ)*

Локационный метод ОМП основан на измерении времени пробега  $\Delta t$  зондирующего электрического высокочастотного импульса от места установки локатора до места повреждения любого вида (КЗ, обрыв) и обратно отраженного импульса.

Для того, чтобы избежать влияния больших помех от дуги в выключателях, все множественные измерения  $\Delta t$  необходимо делать до начала расхождения контактов выключателей ВЛ.

Автоматические локационные искатели используются на ВЛ-330 и выше, так же как и ФП, однако АЛИ отличаются от ФП более высокой стоимостью и повышенной универсальностью.

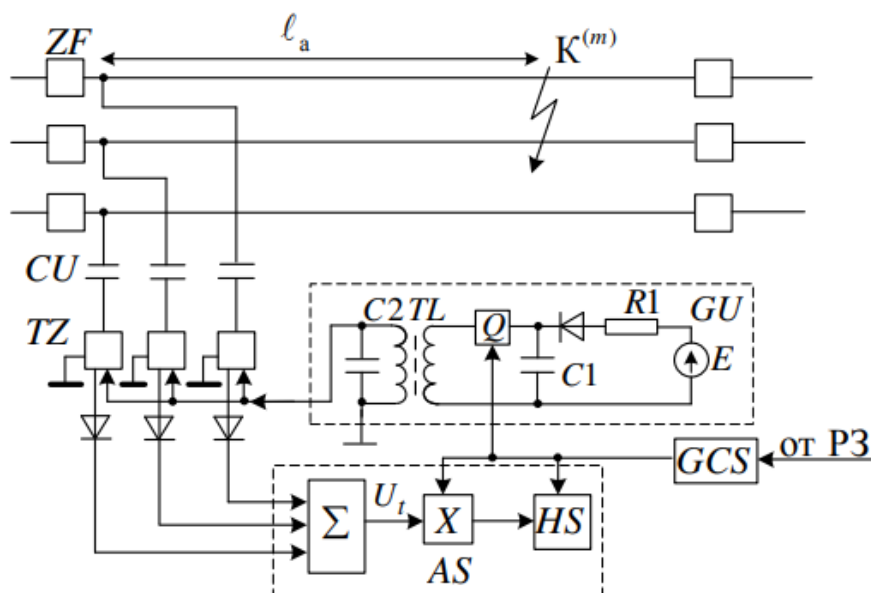


Рисунок 2- Структурная схема АЛИ

Автоматические локационные искатели бывают трёх типов:

- Аналоговый (P5-7);
- Дискретный (ЛИДА);
- Микропроцессорный ( НТЦ «Радиоэкспорт»).

*Трассовый метод и топографические средства ОМП на ВЛ*

Места перекрытия изоляции ВЛ при успешных повторных включениях выявляются по короне на обожженных электрической дугой участках провода и по поверхностным частичным разрядам на крайних изоляторах (около провода и траверсы – в местах прижатия дуги перекрытия) даже в сухую погоду.

По сравнению с визуальным осмотром обеспечивают большую чувствительность и меньшую утомляемость персонала электрические, акустические и оптические дефектоскопы.

Большей чувствительностью и пространственной разрешающей способностью обладает электронно-оптический дефектоскоп (ЭОД) «Филин» (кварцевая оптика, ультрафиолетовые фильтры, цифровая обработка оптического сигнала). Фотографирование коронирующих элементов с экрана ЭОД позволяет уменьшить время экспозиции более, чем в 100 раз.

Указатели опоры с поврежденной изоляцией – запоминают факт протекания тока через металлическую или железобетонную опору на землю, т.е. действуют только при КЗ на землю (их доля ~ 85%) как при неуспешном, так и успешном АПВ.

Указатели поврежденной гирлянды изоляторов – обеспечивают запоминание факта перекрытия электрической дугой гирлянды изоляторов. Указатели типа УППГ-1 выполняются в виде пружинящей зигзагообразной проволоки с яркими цветными пластинами, располагаемой на верхнем изоляторе гирлянды. При горении дуги проволока разрушается, и указатель сбрасывается с гирлянды. Срабатывание УППГ можно обнаружить с вертолета, автотранспорта, но не в условиях плохой видимости.

Аэроинспекция воздушных линий электропередачи – одно из самых перспективных направлений в обновлении методов контроля состояния ВЛ, в том числе ОМП.

«Летающие лаборатории» выполняют три вида диагностики:

Первый базируется на регистрации локального уровня интенсивности электромагнитного излучения разрядов на ВЛ. Предполагается, что интенсивность коронных (КР) и поверхностных разрядов (ПР) при различного рода дефектах проводов, арматуры и изоляции превышает этот показатель в нормальном состоянии ВЛ.

Второй вид диагностики предназначен для обнаружения локальных нагревов проводов, шлейфов и контактных соединений средствами инфракрасной термографии.

Третий – это контроль внешнего вида конструктивных элементов ВЛ, который проводится с помощью видеозаписи и цифрового фотографирования.

*Список литературы*

1. Михеев, Г.М. Диагностика высоковольтного электрооборудования / Г.М. Михеев. - М.: ДМК, 2015. - 298 с
2. Равин, А.А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования: Учебное пособие / А.А. Равин. - СПб.: Лань, 2019. - 240 с.

***Smakova Angelina Ravielievna, student***  
*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*  
*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*  
***Pudovinnikova Maria Vitalievna, student***  
*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

*Levkin Vladislav Alekseevich, student*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

### **AUTOMATIC FINDING DAMAGE ON POWER LINES. DETERMINATION OF THE PLACE OF DAMAGE-OMP**

**Abstract.** *This article provides a brief description of automatic devices for finding faults on power lines, discusses the features of interaction with other network elements and diagnostic methods.*

**Keywords:** *diagnostics, technical condition, automatic detection of damage, determination of the location of damage, OMP, mode parameter.*

### **АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**

*Смакова Ангелина Равильевна, студент*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

*Пудовинникова Мария Витальевна, студент*

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

*Левкин Владислав Алексеевич, студент*

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье рассматриваются конструктивные особенности автоматических регуляторов возбуждения, принципы их работы и основные функции.*

*Ключевые слова: автоматический регулятор возбуждения сильного действия, АРВ, возбудитель, синхронная машина, уставка.*

В конце 50-х годов прошлого века был создан первый автоматический регулятор возбуждения сильного действия для гидрогенераторов Волжской ГЭС имен В.И. Ленина. В последующее время проводились работы по усовершенствованию конструктивных особенностей регуляторов, а также по повышению их надёжности. Чтобы повысить надёжность, было принято решение заменить усилители на электронных лампах на быстродействующие магнитные усилители.

На следующем этапе совершенствования АРВ сильного действия был спроектирован унифицированный регулятор АРВ-СД для всех типов синхронных машин. Выпуск данного устройства продолжался вплоть до 1983 года. Стоит отметить, что регулятор превосходил зарубежные разработки того времени.

Совершенствование микропроцессорной техники спровоцировало новый этап развития АРВ сильного действия. В 1977 был создан унифицированный полупроводниковый регулятор АРВ-СДП. Его работа была основана на базе полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Следующий этап развития АРВ характеризуется введением в работу цифровых регуляторов. В 80-х годах были спроектированы опытные образцы:

- АРВ-СДЦ на базе микроЭВМ «Электроника 60»;
- АРВ-СДМ на базе комплекса микропроцессорных средств управляющей вычислительной техники МСУВТ-В7 (затем БИС К1810);

Автоматический регулятор возбуждения сильного действия воздействует на исполнительное устройство со значительно большей силой, чем необходима для того, чтобы предотвратить изменения регулируемой величины.

Автоматические регуляторы возбуждения обладают следующими особенностями:

- АРВ способно реагировать на несколько параметров режима синхронной машины и на их производные по времени
- По основным каналам регулирования АРВ имеет большие коэффициенты усиления
- АРВ используются на турбогенераторе, гидрогенераторе и синхронном компенсаторе с быстродействующими системами возбуждения (тиристорная и высокочастотная модернизированная)

В структуру устройства автоматического регулятора возбуждения входят такие элементы как блок питания, система управления возбудителем, суммирующий усилитель, измерительные сети, которые формируют электрические сигналы.

Автоматический регулятор возбуждения сильного действия, благодаря почти полной компенсации потери напряжения на реактивных сопротивлениях генераторов и трансформаторов, может обеспечить доведение предела статической устойчивости электропередачи  $R_{\max}$  до предела линии.

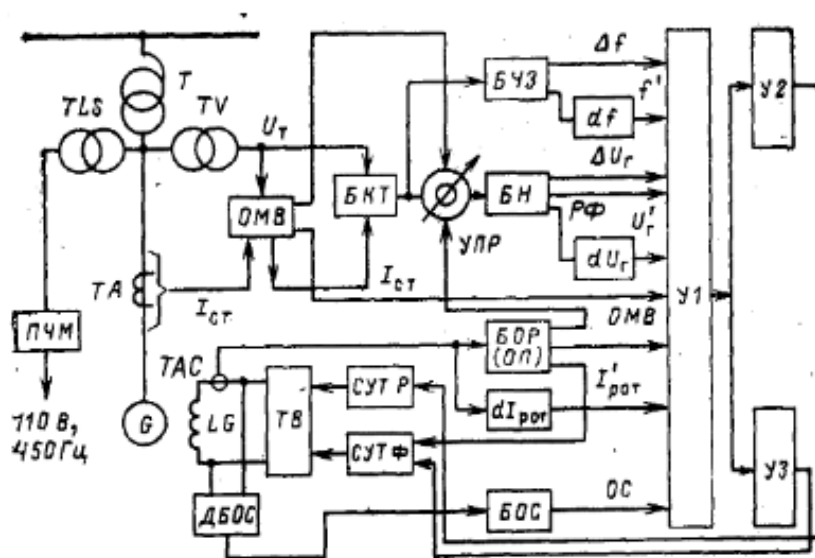


Рисунок 1- Структурная схема автоматического регулятора возбуждения сильного действия АРВ-СД

Также АРВ сильного действия благодаря интенсивному успокоению качаний после отключения коротких замыканий обеспечивает увеличение

предельной передаваемой мощности по условиям динамической устойчивости.

При работе АРВ сильного действия можно добиться улучшения поддержания необходимого уровня напряжения в заданной точке электропередачи и уменьшения колебаний напряжения в энергетических системах с толчкообразной нагрузкой. Из-за снижения требований к некоторым параметрам снижается и стоимость изготовления генераторов.

Виды функций, выполняющихся автоматическим регулятором возбуждения сильного действия:

1. Системные функции АРВ:
  - В точке регулирования с заданным статизмом способен поддерживать напряжение;
  - Обеспечивает устойчивость регулирования во всех режимах работы;
  - Интенсивная демпфировка малых колебаний и больших послеаварийных качаний, которые могут возникнуть в энергетической системе;
  - Форсировка возбуждения.
2. Технологические функции АРВ:
  - Способность подогнать напряжение генератора к напряжению сети при автоматической точной синхронизации;
  - Дистанционно изменяет уставки напряжения с блочного или общестанционного щита управления;
  - Разгружает генераторы по реактивной мощности;
  - Поддерживает заданный ток ротора;
  - Подгоняет уставки, которые обеспечивают равенство выходных напряжений основного и резервного регуляторов при работе системы возбуждения на резервном АРВ.
3. Защитные функции АРВ:
  - Учитывая имеющиеся тепловые характеристики генератора, может ограничить максимальный ток ротора и статора;
  - В случае обрыва электропередачи и увеличении частоты, может ограничить максимальное напряжение статора;
  - В случае сильного понижения частоты, способен пропорционально уменьшить напряжение статора;
  - При повреждении вентилей преобразователя, имеет возможность разгружать генератор от реактивной мощности, разгрузка происходит автоматически;
  - В бесщеточных системах возбуждения способен ограничить максимальное напряжение ротора.
4. Диагностические функции АРВ:
  - Контролирует соответствие отклонения напряжения статора и выходного напряжения регулятора;
  - Контролирует состояние выходного суммирующего усилителя;
  - Контролирует исправность источника питания АРВ.

*Список литературы*

1. Михеев, Г.М. Диагностика высоковольтного электрооборудования / Г.М. Михеев. - М.: ДМК, 2015. - 298 с
2. Равин, А.А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования: Учебное пособие / А.А. Равин. - СПб.: Лань, 2019. - 240 с.

***Smakova Angelina Ravilievna, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

***Pudovinnikova Maria Vitalievna, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

***Levkin Vladislav Alekseevich, student***

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

**POWERFUL AUTOMATIC EXCITATION CONTROLLERS**

***Abstract.*** *This article discusses the design features of automatic excitation controllers, the principles of their operation and the main functions.*

***Keywords:*** *automatic excitation regulator of strong action, ARV, exciter, synchronous machine, setting.*

**ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ**

***Смакова Ангелина Равильевна, студент***

*(e-mail: angelinasmak@yandex.ru)*

***Пудовинникова Мария Витальевна, студент***

*(e-mail: mp424141@gmail.com)*

***Левкин Владислав Алексеевич, студент***

*(e-mail: zzzvladoszzz@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В этой статье рассматриваются основные типы возбудителей, особенности их строения и работы.*

*Ключевые слова: возбудитель, генератор, система автоматического регулирования, подвозбудитель, возбуждение.*

Источником питания постоянным током обмотки возбуждения синхронной машины является возбудитель. В системах автоматического регулирования он занимает место исполнительного устройства. Самые распространенные возбудители синхронных машин и генераторов:

- Электромашинный возбудитель постоянного тока;
- Электромашинный возбудитель высокочастотный с выпрямителем;
- Тиристорный возбудитель;
- Бесщеточный возбудитель.

Для возбуждения турбогенератора, гидрогенератора и синхронного компенсатора небольшой мощности применяется электромашинный возбудитель постоянного тока, который соединяется непосредственно с валом турбины и генератора или с отдельно стоящим двигателем. Для турбогенератора типа ТВВ мощностью 150-500 МВт используют *возбудитель элек-*

тромашинный высокочастотный с неуправляемым выпрямителем. На рисунке 1 приведен вариант принципиальной схемы системы автоматического регулирования до ее модернизации.

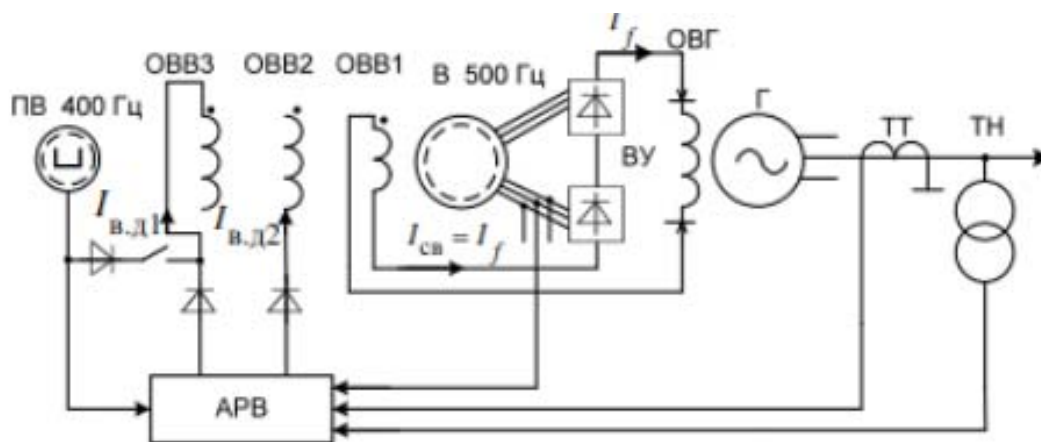


Рисунок 1 - Вариант принципиальной схемы САР с высокочастотным возбудителем

Возбуждение турбогенератора осуществляется через силовую полупроводниковую выпрямительную установку ВУ от высокочастотного (500 Гц) возбудителя индукторного типа. Его рабочие трехфазные обмотки переменного тока, питающие ВУ, и обмотки возбуждения ОВВ1, ОВВ2, ОВВ3 постоянного тока размещены в пазах статора. Ротор выполнен в виде десятизубцового сердечника и обмотки не имеет.

Для турбогенератора типа ТВВ большой мощности используется *бесщеточный возбудитель*, который внедряется на генераторе с электромашинным возбудителем путем его реконструкции. Возбуждение турбогенератора осуществляется через вращающийся выпрямитель от обращенного трехфазного генератора-возбудителя. Обмотка возбуждения этого генератора расположена на статоре, обмотка переменного тока (трехфазная) расположена на роторе. Генератор и выпрямитель образуют бесщеточный возбудитель БЩВ. Управлять бесщеточным возбудителем можно, прибегнув к изменению возбуждения генератора от подвозбудителя и управляемого выпрямителя путем изменения его угла управления.

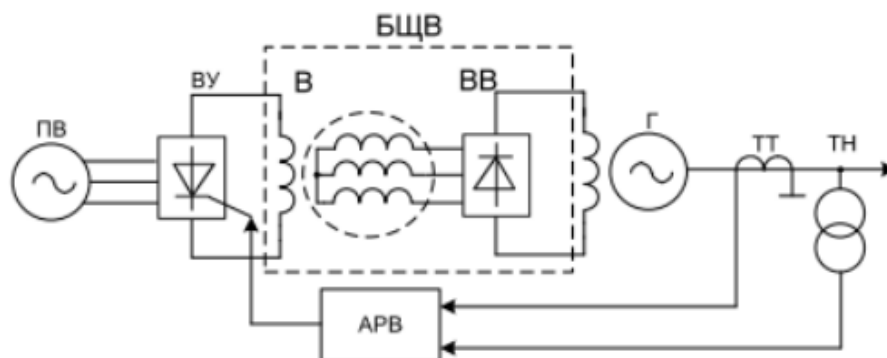


Рисунок 2 - Система автоматического регулирования с бесщеточным возбудителем



**MAIN TYPES OF PATHOGENS**

*Abstract.* This article discusses the main types of pathogens, features of their structure and work.

*Keywords:* exciter, automatic control system, generator, subexciter, excitation.

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ  
НА ПРИМЕРЕ ГУП «ТЭК СПб»**

*Сметанин Алексей Вадимович, студент*

*(E-mail: SmetaninAV1@gptek.spb.ru)*

*Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД Санкт-Петербург*

*В данной статье рассмотрено повышение экономических, технических, а также экологических показателей котельной топливно-энергетического предприятия за счет проведения поэтапной реконструкции путем замены тепломеханического оборудования и применения инновационных решений, способных осуществить прорыв в повышении коэффициента полезного действия котельных установок.*

*Ключевые слова:* реконструкция, котельная, газоснабжение, автоматизация, оборудование, экономическая эффективность, повышение эффективности, теплоснабжение.

В настоящее время энергетическая отрасль России находится в состоянии решения комплекса проблем, связанных с наличием физически и морально устаревшего оборудования. Одним из самых актуальных вопросов является определение и улучшение экологических показателей эксплуатации котлов за счет применения новейших энерго- и ресурсосберегающих технологий, оборудования и устройств, способных осуществить прорыв в повышении КПД котельных установок.

Во многих исследованиях, в частности в работе Шельгина Б.Л. и Панкова С.А., предлагаются варианты перевода парового котла ДКВр-20-13 в водогрейный режим работы для продления службы оборудования, выработавшего ресурс. Авторы предложили техническое решение, улучшившие показатели котла и увеличившие надежность системы циркуляции котла. [1]

В данной статье рассмотрен альтернативный вариант повышения эффективности оборудования за счет реконструкции котельной «Пискаревская», состоящей на балансе ГУП «ТЭК СПб» (далее – предприятие), путем замены паровых котлов на современные водогрейные жаротрубные котлы, замены водогрейных котлов на вертикальные водогрейные водотрубные котлы производства отечественной компании «ЭНТРОСОС», комплексной автоматизации общекотельного оборудования с созданием верхнего уровня котельной и диспетчеризацией, перевода сетевых деаэраторов с грею-

щего пара на перегретую воду от водогрейных котлов, обеспечения котельной резервным газопроводом.

Реконструкция котельной представляет собой проведение целого комплекса мер, направленных на повышение уровня эффективности работы котельной, её безопасности, снижения финансовых расходов и увеличение мощности, замену отдельных элементов системы или внесение в неё оправданных и обоснованных изменений, улучшающих её по всем вышеперечисленным параметрам.

Предприятием рассмотрена целесообразность включения мероприятий в Инвестиционную программу на основании анализа состава и текущего состояния оборудования на котельной, фактических резервов и тепловой мощности. На котельной присутствует значительный резерв тепловой мощности по фактической тепловой нагрузке – 72,7 Гкал/ч.

Для повышения эффективности котельной первым этапом целесообразно рассмотреть полную реконструкцию паровой части котельной, которая будет включать: поэтапный вывод из эксплуатации всех существующих паровых котлов ДКВр-20/13 в количестве пяти штук, установку на месте выводимых из эксплуатации котлов трех современных жаротрубных паровых котлов с номинальной производительностью 20 т/ч каждого котла, автоматизацию и диспетчеризацию паровой части котельной с комплексной автоматикой и SCADA-системой, объединяемой на верхнем уровне котельной. Реализация вышеуказанных решений обеспечит резерв тепловой мощности по фактическим тепловым нагрузкам в размере 67,4 Гкал/ч, что в свою очередь позволит покрыть перспективные приросты тепловых нагрузок за счет новых потребителей (22,7 Гкал/ч), а также осуществить перераспределение тепловых нагрузок от котельной «Северомушинская» на котельную «Пискаревская» (41,7 Гкал/ч) в соответствии с концепцией развития Северного района теплоснабжения. Благодаря полной реконструкции паровой части котельной вследствие полной замены оборудования повышается надежность и эффективность работы котельной, вследствие автоматизации паровой части котельной снижаются эксплуатационные затраты на котельной.

Вторым этапом рассматривается вопрос обеспечения котельной вторым газопроводом высокого давления в качестве резервного. В случае невозможности подвода резервного газопровода предусмотрена реконструкция резервного мазутного хозяйства котельной с переводом с «резервного» на «аварийный» вид топлива, применением технологии «холодного» хранения («Трехконтурная система топливоподготовки» СТТ-ГРИН) и использованием для разогрева мазута перегретой воды.

Третий этап реконструкции заключается в замене системы автоматизации котельной, которая находится в предельном состоянии и требует срочной замены. Действующая австрийская система автоматизации (АСУ ТП) смонтирована на котельной в 1980 году. В настоящее время данная система физически и морально устарела, запасные части для ремонта автомати-

ки отсутствуют. Графиком реконструкции котельной предусмотрена поэтапная замена автоматики в составе работ по замене котлов и ОКХ, а также выполнение мероприятий по комплексной автоматизации в течении 10 лет.

Для начала выполнения мероприятий по реконструкции необходимо разработать техническое задание и технико-экономическое обоснование с последующим включением работ в инвестиционную программу. Произвести процедуру конкурсов и торгов на выбор исполнителя, который разработает проектную документацию, включающую в себя: архитектурные решения; инженерно-технические мероприятия; мероприятия по охране окружающей среды; мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий. После согласования проекта на реконструкцию котельной перейти на строительные-монтажные работы, с последующим согласованием смет и приемкой выполненных работ.

В заключение следует отметить, что согласно программе развития энергетики РФ, водогрейные котлы, сжигающие газовое топливо, на длительную перспективу останутся основным оборудованием для теплоснабжения потребителей. Выполнение предлагаемых мероприятий в свою очередь приведет к таким изменениям, как: снижение расхода топлива, что способствует уменьшению себестоимости теплоэнергии; сокращение затрат на содержание котельной; уменьшение объема вредных выбросов в атмосферу; полная автоматизация оборудования; увеличение коэффициента полезного действия (КПД) оборудования котельной; улучшение удельных показателей и эффективности работы котельной; рост экономической эффективности работы котельной.

*Список литературы*

1. Шельгин Б.Л., Панков С.А. Перевод парового котла ДКВр-20-13 в водогрейный режим работы. – [1]
2. Киселев Н.А. Котельные установки. - М.: Высшая школа, 1979.
3. Палей Е.Л. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании котельных. - СПб.: Питер, 2014.
4. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. - М.: ИЦ Академия, 2007.

**Smetanin Alexey Vadimovich**, student

(E-mail: SmetaninAV1@gptek.spb.ru)

Higher School of Technology and Energy SPbGUPTD St. Petersburg

**DEVELOPMENT OF MEASURES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE BOILER HOUSE ON THE EXAMPLE OF GUP TEK SPB**

**Abstract.** This article discusses the increase in economic, technical, and environmental performance of the boiler house of a fuel and energy enterprise through a phased reconstruction by replacing thermal and mechanical equipment and using innovative solutions that can make a breakthrough in increasing the efficiency of boiler plants.

**Keywords:** reconstruction, boiler house, gas supply, automation, equipment, economic efficiency, efficiency increase, heat supply.

## АЛГОРИТМ ПРОЕКТНОГО РАСЧЁТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ ПОЛЮСАМИ

*Соловьев Даниил Сергеевич, студент*

*(daniel.s.soloviev@mail.ru)*

*Донской государственной технической университет*

*Целью данной работы является создание алгоритма проектного расчёта асинхронного двигателя с экранированными полюсами.*

*Ключевые слова: асинхронный двигатель; экранированные полюса, алгоритм.*

Создание программного обеспечения является очень кропотливым и тяжёлым процессом, включающим в себя: проработку теории, создание блок-схемы, выбор языка программирования, реализация выбранной методики расчёта и преобразование её в программный продукт. Перед началом программирования должен быть составлен алгоритм проектного расчёта, который будет включать все этапы проектирования асинхронного двигателя.

При составлении блок-схемы необходимо воспользоваться [1]. Методика расчёта двигателя с экранированными полюсами берётся из [2].

В данной статье будет показан краткий проектный алгоритм, включающий в себя основные этапы проектирования, так как в реальном программном обеспечении создание полного алгоритма заняло бы десятки страниц.

Исходные данные для каждого этапа вводятся в соответствующие блоки (рисунок 1). Блоки для расчёта выглядят иначе (рисунок 2).

Входными данными для блоков изображённых на (рисунке 1) являются:

- для этапа 0: полезная мощность –  $P_2$ ; число полюсов статора –  $2p$ ; напряжение питающей сети –  $U_1$ ; частота питающей сети –  $f_1$ ; коэффициент полезного действия.

- для этапа 1: произведение КПД и коэффициента мощности - ; отношение ЭДС обмотки статора к напряжению питающей сети - ; коэффициент полюсного перекрытия - ; амплитуда индукции в воздушном зазоре - ; средняя линейная нагрузка статора - ; отношение расчетной длины  $l_0$  пакета статора к диаметру его расточки - .

- для этапа 2: плотность тока в главной обмотке статора - ; сечение элементарного проводника - ; диаметр неизолированного провода - ; диаметр изолированного провода - ; число проводников - ; коэффициент заполнения пакета сталью - ; коэффициент магнитного рассеяния главной обмотки статора - ; индукция в сердечнике полюса - ; коэффициент, учитывающий возможные неточности намотки рядов обмоточного провода в катушке - ; индукция в сердечнике статора - .

- для этапа 3: величина воздушного зазора - .

- для этапа 4: число пазов ротора - ; число фаз обмотки статора –  $m_1$ ; отношение магнитодвижущих сил обмоток ротора и статора в асинхронных двигателях мощностью менее 600 Вт -  $k$ ; обмоточный коэффициент глав-

ной обмотки статора - ; плотность тока в стержне ротора - ; плотность тока в кольце ротора - ; размеры шлицевой части паза –  $b_{ш2}$  и  $h_{ш2}$ .

- для этапа 5: напряженность магнитного поля в полюсе статора - ; напряженность магнитного поля в сердечнике статора - ; напряженность магнитного поля в зубцах ротора - ; напряженность магнитного поля в сердечнике ротора - .

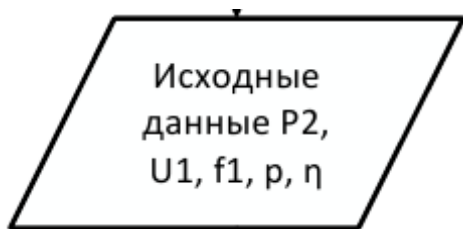


Рисунок 1 . Блок ввода данных

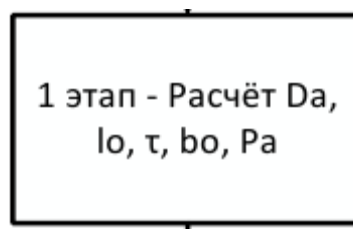


Рисунок 2. Блок для расчёта



Рисунок 3. Алгоритм проектного расчёта асинхронного двигателя с экранированными полюсами

- для этапа 6 - удельная электрическая проводимость материала обмотки статора, стержней и колец - ; температурный коэффициент - ; коэффициент сцепления потока рассеяния с главной обмоткой статора - .

- для этапа 7 - удельные потери в стали - ; коэффициент трения в подшипниках - .

- для этапа 9 - коэффициент, учитывающий добавочные потери в электродвигателе - .

На рисунке 3 представлена блок-схема расчёта асинхронного двигателя с экранированными полюсами. Данный алгоритм включает в себя 9 этапов, проверку выбора текущей вкладки, ввод исходных данных перед каждым этапом расчёта, проверку ввода данных в текстовые поля. Этап 8 представляет собой построение пусковых характеристик, этап 9 – построение графика  $\phi_1 = f(s)$  по которому находится номинальный коэффициент мощности.

В данной статье показан алгоритм проектного расчёта асинхронного двигателя с экранированными полюсами, который может быть использован для создания прикладной программы.

#### *Список литературы*

1. ГОСТ 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. — М.: Изд-во стандартов, 2010. - С. 158.

2. Падеев, А.С. Расчет асинхронного двигателя с экранированными полюсами: учебное пособие/ А.С. Падеев, Д.В. Сурков, И.И. Ямансарин; Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ОГУ, 2017. – 100 с.

3. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

4. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

5. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

6. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

7. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

Don State Technical University

## THE ALGORITHM OF THE DESIGN CALCULATION ASYNCHRONOUS MOTOR WITH SHIELDED POLES

*The purpose of this work is to create an algorithm for the design calculation of an asynchronous motor with shielded poles.*

*Keywords: asynchronous motor; shielded poles, algorithm.*

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ РАСЧЕТЕ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

*Соловьев Даниил Сергеевич, студент*

*(daniel.s.soloviev@mail.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В данной статье представлен материал, описывающий применение матричного метода расчета электрических цепей в электротехнике. Работа включает в себя основные теоретические аспекты. В целях демонстрации практического применения матричного метода представлен наглядный пример.*

*Ключевые слова: матрица; схема электрической цепи; электротехника, направленный граф, матрица инцидентий, матрица циклов.*

Использование матричной теории получило широкое применение во многих областях наук. Возможность использования записи данных в матричной форме позволяет производить различные математические преобразования и вычисления, что дает возможность значительно оптимизировать проведение расчетов, например, сводя решение той или иной задачи к решению системы уравнений.

В совокупности с элементами теории графов, матрицы нашли применение в электроэнергетике. Их использование позволяет значительно упростить расчет энергетических систем (ЭС).

Рассмотрим основные теоретические аспекты, используемые при расчете электрических цепей (ЭЦ).

Зададим направленный связный граф  $P$  у которого помечены все ребра и вершины. Условимся обозначать количество вершин и ребер данного графа, соответственно через  $q$  и  $p$ . Выберем в данном графе ациклический подграф, соединяющий все вершины исходного графа т.е. выберем в исходном графе дерево, число ребер которого будет определяться, как количество вершин исходного графа без единицы  $(q - 1)$ . Основываясь на том принципе, что при соединении двух несмежных вершин ациклического графа образуется простой цикл, зададим в данном графе  $n$  простых циклов, где  $n = p - (q - 1)$ . Исходя из выше сказанного, количество рассматриваемых простых циклов данного графа будет равно количеству ребер, не вошедших в дерево. Приведем основные эквиваленты математическим

терминам из электротехники и в дальнейшем условимся называть вершины – узлами, ребра графа – ветвями, ребра, не вошедшие в дерево – хордами, а простые циклы - контурами. Данный подход позволяет выбрать  $n$  независимых контуров, каждый из которых образован одной связью и несколькими ветвями дерева. Зададим в каждом контуре направление обхода таким образом, чтобы оно совпадало с направлением задающей его хорды. Пронумеруем контуры согласно возрастанию номеров хорд их образующих.

Используя все выше указанные принципы дадим определение матрицы контуров (циклов).

Матрицей контуров называется прямоугольная матрица  $\mathbb{C} = c_{sk}$  размерности  $(n \times p)$ , где  $s = \overline{1, n}$ ,  $k = \overline{1, p}$ , строки которой соответствуют номерам хорд, а столбцы – ветвям графа, где  $c_{sk} = 1$ , если ветвь  $p_k$  принадлежит контуру  $n_s$  и совпадает с направлением его обхода;  $c_{sk} = -1$ , если ветвь  $p_k$  принадлежит контуру  $n_s$ , но не совпадает с направлением его обхода;  $c_{sk} = 0$ , если ветвь  $p_k$  не принадлежит контуру  $n_s$ .

Используя тот факт, что в связном графе отсутствуют изолированные узлы и каждой паре узлов инцидентна как минимум одна ветвь, мы можем описать данный граф используя понятие инцидентности, определяющее принадлежность узла к ветви и наоборот. Рассматривая каждую ветвь, с учетом ее направленности, на принадлежность к тому или иному узлу можно сделать вывод о том, что есть всего три варианта взаимоотношений между отдельной парой узел-ветвь, а именно: ветвь инцидентна данному узлу и направлена от него, ветвь инцидентна данному узлу и направлена к нему или рассматриваемая ветвь вовсе не инцидентна данному узлу. Основываясь на данном принципе, дадим определение расширенной матрицы узловых соединений (матрицы инцидентностей).

Расширенной матрицей узловых соединений  $\mathbb{A} = a_{ij}$  называется прямоугольная матрица размерности  $(q \times p)$ , где  $i = \overline{1, q}$ ,  $j = \overline{1, p}$ , строки которой соответствуют номерам узлов, а столбцы - ветвям графа, где  $a_{ij} = 1$ , если ветвь  $p_j$  инцидентна узлу  $q_i$  и направлена от него;  $a_{ij} = -1$ , если ветвь  $p_j$  инцидентна узлу  $q_i$  и направлена к нему;  $a_{ij} = 0$ , если ветвь  $p_j$  не инцидентна узлу  $q_i$ . Из правил заполнения данной таблицы следует, что в каждом столбце будет только два отличных от нуля, противоположных по знаку элемента, т.е. сумма элементов по столбцам равна нулю. Данный принцип позволяет записывать только  $q - 1$  строк матрицы, т.к.  $q - \text{я}$  строка всегда может быть восстановлена из предыдущих.

Впредь условимся при нумерации столбцов матриц сначала нумеровать ветви графа, а после его связи.

Приведем пример практического использования данных теоретических сведений.

**Например:** сформировать основные топологические матрицы исследуемой электрической цепи, изображенной на рисунке 1. Составить с их помощью систему контурных уравнений.

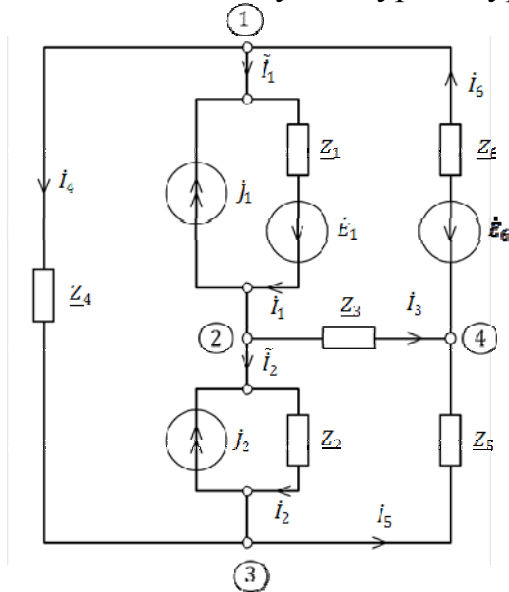


Рисунок 3 Схема, рассматриваемой ЭЦ

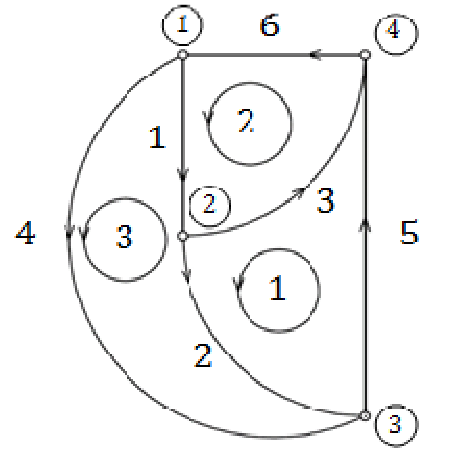


Рисунок 4. Граф, рассматриваемой ЭЦ

Решение:

Построим граф рассматриваемой ЭЦ:

Система контурных уравнений в матричной форме имеет вид:

$$\mathbf{CZC}^t \mathbf{I}_L = \mathbf{CE} + \mathbf{CZJ}$$

Зададим вектор-столбец контурных токов  $\mathbf{I}_L$ :

$$\mathbf{I}_L = \begin{bmatrix} \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \end{bmatrix}$$

Составим матрицу основных контуров  $\mathbf{C}$  и транспонированную матрицу  $\mathbf{C}^t$ :

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \mathbf{C}^t = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Запишем матрицу сопротивлений ветвей  $\mathbf{Z}$ :

$$\underline{Z} = \begin{bmatrix} \underline{Z}_1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \underline{Z}_5 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \underline{Z}_6 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \underline{Z}_2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \underline{Z}_3 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \underline{Z}_4 \end{bmatrix}$$

Зададим вектор-столбцы источников тока и ЭДС, соответственно  $\underline{J}$  и  $\underline{E}$ :

$$\underline{J} = \begin{bmatrix} -j_1 \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ -j_2 \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}; \underline{E} = \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \mathbf{0} \\ -\dot{E}_6 \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

Найдем необходимые промежуточные матрицы:

$$\underline{CZ} = \begin{bmatrix} C & \underline{Z}_5 & \underline{Z}_6 & \underline{Z}_2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \underline{Z}_1 & \mathbf{0} & \underline{Z}_6 & \mathbf{0} & \underline{Z}_3 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \underline{Z}_5 & \underline{Z}_6 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \underline{Z}_4 \end{bmatrix} \quad \underline{CE} = \begin{bmatrix} \dot{E}_1 - \dot{E}_6 \\ \dot{E}_1 - \dot{E}_6 \\ -\dot{E}_6 \end{bmatrix}; \underline{CZJ} = \begin{bmatrix} -j_1 \underline{Z}_1 - j_2 \underline{Z}_2 \\ -j_1 \underline{Z}_1 \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

$$\underline{CZC}^t = \begin{bmatrix} \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6 & \underline{Z}_1 + \underline{Z}_6 & \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6 \\ \underline{Z}_1 + \underline{Z}_6 & \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_6 & \underline{Z}_6 \\ \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6 & \underline{Z}_6 & \underline{Z}_4 + \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6 \end{bmatrix}$$

Запишем систему контурных уравнений:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_{11}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6) + \dot{I}_{22}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_6) + \dot{I}_{33}(\underline{Z}_5 + \underline{Z}_6) \\ \dot{I}_{11}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_6) + \dot{I}_{22}(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_6) + \dot{I}_{33}(\underline{Z}_6) \\ \dot{I}_{11}(\underline{Z}_5 + \underline{Z}_6) + \dot{I}_{22}(\underline{Z}_6) + \dot{I}_{33}(\underline{Z}_4 + \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{E}_1 - \dot{E}_6 - j_1 \underline{Z}_1 - j_2 \underline{Z}_2 \\ \dot{E}_1 - \dot{E}_6 - j_1 \underline{Z}_1 \\ -\dot{E}_6 \end{bmatrix}.$$

Хотелось бы отметить, что применение матричного метода в электротехнике не ограничивается описанным в статье примером и имеет большое количество расчётных алгоритмов. Матричный метод является одним из основных методов, применяемых на практике, позволяющим провести комплексный анализ энергетических схем любой сложности.

#### *Список литературы*

1. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 1. — 4-е изд. / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. — СПб.: Питер, 2003. — 463 с.: ил.
2. Оре О. Теория графов. — 2-е изд. — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980, 336 с.
3. Харари Ф. Теория графов М. : Мир, 1973. — 301 с.
4. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.
5. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.
6. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

7. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

8. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

*Solovyov Daniil Sergeevich, student*

*Don State Technical University*

#### **APPLICATION OF MATHEMATICAL APPARATUS IN THE CALCULATION OF COMPLEX ELECTRICAL CIRCUITS**

*This article presents the material describing the application of the matrix method of calculating electrical circuits in electrical engineering. The work includes the main theoretical aspects. In order to demonstrate the practical application of the matrix method, an illustrative example is presented.*

*Keywords: matrix; electrical circuit diagram; electrical engineering, directed graph, incident matrix, cycle matrix.*

### **СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ И ИХ ВИДЫ**

*Соловьев Даниил Сергеевич, студент*

*(daniel.s.soloviev@mail.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В данной статье произведен обзор силовых трансформаторов и их видов. Рассмотрены основные виды силовых трансформаторов.*

*Ключевые слова: трансформатор, обмотка, мощность.*

Актуальность темы заключается в том, что силовые трансформаторы являются наиболее распространённым электротехническим оборудованием, которое служат для передачи мощности (Р) между различными схемами несогласованной электрической цепи. Трансформатор прошел вековую историю, без его изобретения функционирование современной энергосистемы не представляется возможным. В изобретение трансформатора приняли участие и сыграли важную роль такие ученые как: Кристиан Эстерда, Майкл Фарадей. Но их роль не была существенной, так как сам прибор был сконструирован лишь 45 лет спустя. Это открытие стало причиной революции тогдашней электроэнергетики. Судьбоносным днем в истории трансформаторов по праву считается 30 ноября 1876 года, в этот день был выдан патент Павлу Николаевичу Яблочкову, в котором был описан трансформатор и его применение. Их применяют в электрических цепях с целью понижения и повышения напряжения электрического тока в тех случаях, когда это необходимо, по принципу от источника к потребителю.

• *Силовые трансформаторы – электротехнические устройства, предназначенные для преобразования напряжения переменного электриче-*

ского тока, сохраняя при этом частоту, а также для преобразование самой системы электроснабжения [2].

#### *Устройство силовых трансформаторов*

Изготовленный из ферромагнитного материала сердечник с двумя обмотками является одним из основных элементов силовых трансформаторов. Ферромагнитный материал, как правило, изготавливается в виде тонких листов специального трансформаторного железа, обладающего магнитомягкими свойствами. Их укладывают таким образом, чтобы форма стержней под обмотками в сечении была приближена к кругу. Благодаря тому что целые листы перекрывают стыки между отдельно взятыми пластинами, повышается коэффициент полезного действия, а также снижаются потери. При изготовлении обмоток трансформатора используется провод из меди прямого или квадратного сечения. При этом изолируют каждый виток от самого магнитопровода, а также от соседних витков. Между обмотками и отдельными ее слоями предусматривают специальные технические пустоты для возможности циркуляции охладителя (трансформаторного масла). Для работы любому силовому трансформатору необходимы как минимум две обмотки: Первичная – обмотка, на которую подается электрический ток. Вторичная – обмотка, с которой снимается ток с преобразованным напряжением.

○ *Принцип действия любого трансформатора основан на явление электромагнитной индукции [1, с. 7].*

При подключение первичной обмотки к источнику переменного тока в витках этой обмотки протекает переменный ток, который создает в магнитопроводе переменный магнитный поток ( $\Phi$ ). Замыкаясь в магнитопроводе, этот магнитный поток сцепляется с обеими обмотками (первичной и вторичной) и индуктирует в них электродвижущую силу (ЭДС).

○ *Электродвижущая сила (ЭДС) – скалярная величина, характеризующая работу сторонних сил (то есть любых сил кроме электростатических и диссипативных) действующих в квазистационарных цепях постоянного или переменного электрического тока. [3]*

$$\overset{2}{e_2} = -W_2 \frac{d\Phi}{dt} \qquad \overset{1}{e_1} = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$W_1$   $W_2$  число витков в первичной и во вторичной обмотке

#### *Классификация силовых трансформаторов*

В зависимости от класса напряжения и полной потребляемой мощности, силовые трансформаторы условно делятся на:

Таблица 1 - Отношение напряжения и полной потребляемой мощности Р.

	напряжение	потребляемая мощность
1	До 100 кВА	До 35 кВт
2	100 – 1000 кВА	До 35 кВт
3	1000-6300 кВА	До 35 кВт
4	Более 6300 кВА	35 кВт
5	До 32 000 кВА	35 – 110 кВт
6	32 000 – 80 000 кВА	до 330 кВт
7	80 000 – 200 000 кВА	до 330 кВт
9	более 200 000 кВА	до 330 кВт

Таблица 2 -Классификация силовых трансформаторов

Тип охлаждения	сухой
	масленный
Климатическое исполнение	наружный
	внутренний
Количество фаз	трёхфазные
	однофазные
Количество обмоток	двухобмоточные
	многообмоточные
Назначение	понижающий
	повышающий

*Список литературы*

1. Кислицын А.Л. Трансформаторы: учеб. пособие. Ульяновск 2001 – 77с.
2. Трансформатор // Википедия [электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор> (дата обращения: 22.03.2023).
3. Электродвижущая сила // Википедия [электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Электродвижущая\\_сила](https://ru.wikipedia.org/wiki/Электродвижущая_сила) (дата обращения: 22.03.2023).
4. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

5. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

6. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

7. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

8. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

*Solovyov Daniil Sergeevich, student  
(daniel.s.soloviev@mail.ru)*

*Don State Technical University*

#### **POWER TRANSFORMERS AND THEIR TYPES**

*This article provides an overview of power transformers and their types. The main types of power transformers are considered.*

*Keywords: transformer, winding, power.*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО-ДОПУСТИМОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ**

***Сопин Александр Викторович, магистрант,  
(e-mail: sopin.alexandr2016@yandex.ru)***

***Маяков Алексей Сергеевич, магистрант,  
(e-mail: Mayak0019@yandex.ru)***

*Научный руководитель –*

***Бабков Андрей Петрович, кандидат техн. наук, доцент,  
(e-mail: babkov\_ar@mail.ru)***

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье представлена методика расчёта максимально-допустимого перемещения грузовой платформы автомобиля в поперечной плоскости, определена величина максимального перемещения грузовой платформы автомобиля ГАЗ-САЗ-2507.*

*Ключевые слова: грузовая платформа, автомобиль, условие равновесия, момент веса, шасси.*

Одной из технологических операций комплекса по возделыванию сельскохозяйственных культур является вывоз урожая с поля [1,2]. В настоя-

щее время для этого применяются серийные автомобили и тракторные прицепы.

Движение серийных транспортных средств сопровождается колебаниями в горизонтальной плоскости, скорости которых достигают 70...80 % уровня вертикальных. Поэтому во время транспортирования урожая с поля необходимо учитывать не только вертикальные, но и горизонтальные колебания кузова транспортного средства [3,4].

При перемещении грузовой платформы существует возможность опрокидывания автомобиля. Чтобы этого не происходило необходимо выполнения условия равновесия:

$$M_{ОПР} - M_{УД} \leq 0, \quad (1)$$

где  $M_{ОПР}$  - момент веса грузовой платформы, стремящийся опрокинуть автомобиль, Н·м;  $M_{УД}$  - момент веса шасси, стремящийся удержать автомобиль против опрокидывания, Н·м.

Момент веса грузовой платформы, стремящийся опрокинуть автомобиль определяется выражением (рис.1):

$$M_{ОПР} = -G_{ГР} \cdot (0,5B - \Delta) \cdot \cos(\beta - \theta) - G_{ГР} \cdot h_{ГР} \cdot \sin(\beta - \theta), \quad (2)$$

где  $G_{ГР}$  - сила тяжести грузовой платформы, Н;  $h_{ГР}$  - высота центра масс грузовой платформы, м.

Момент веса шасси, стремящийся удержать автомобиль против опрокидывания, определяется выражением:

$$M_{УД} = G_{Ш} \cdot 0,5 \cdot B \cdot \sin(\beta - \theta) + G_{Ш} \cdot h_{Ш} \cdot \sin(\beta - \theta), \quad (3)$$

где  $h_{Ш}$  - высота центра тяжести шасси, м.

С учетом (2) и (3) запишем условие равновесия в следующем виде:

$$\begin{aligned} & -G_{ГР} \cdot (0,5B - \Delta) \cdot \cos(\beta - \theta) - G_{ГР} \cdot h_{ГР} \cdot \sin(\beta - \theta) - \\ & -G_{Ш} \cdot 0,5 \cdot B \cdot \sin(\beta - \theta) + G_{Ш} \cdot h_{Ш} \cdot \sin(\beta - \theta) \leq 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Рисунок 1 - Схема активных сил, стремящихся опрокинуть автомобиль при перемещении грузовой платформы

В выражении (4) выразим перемещение грузовой платформы

$$\Delta \geq \frac{G_{ГР} \cdot h_{ГР} \cdot \sin(\beta - \theta) + 0,5B \cdot \cos(\beta - \theta) \cdot (G_{Ш} + G_{ГР}) + G_{Ш} \cdot h_{Ш} \cdot \sin(\beta - \theta)}{G_{ГР} \cdot \cos(\beta - \theta)}. \quad (5)$$

Так как  $G_{Ш} + G_{ГР} = G_a$ , то окончательно условие равновесия будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta \geq \frac{G_{ГР} \cdot h_{ГР} \cdot \sin(\beta - \theta) + 0,5B \cdot G_a \cdot \cos(\beta - \theta) + G_{Ш} \cdot h_{Ш} \cdot \sin(\beta - \theta)}{G_{ГР} \cdot \cos(\beta - \theta)}. \quad (6)$$

Расчёты для автомобиля ГАЗ-САЗ-2507 показали, что  $\Delta \geq 1,7$  м.

Таким образом, для того, чтобы автомобиль ГАЗ-САЗ-2507 не опрокинулся, величина максимального перемещения грузовой платформы не должна превышать 1,7 м.

#### *Список литературы*

5. Бабков, А. П. Влияние эксплуатационных факторов на производительность транспортных средств / А. П. Бабков // Научное обеспечение агропромышленного производства : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 29–31 января 2014 года. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2014. – С. 40-42. – EDN UJMKML.

6. Трошин, А. Ю. К вопросу о повышении эффективности использования агрегатов при возделывании картофеля / А. Ю. Трошин, В. И. Варавин // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 03–04 декабря 2020 года. Том Часть 4. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2020. – С. 28-31. – EDN LUKYRM.

7. Бабков, А. П. К вопросу обоснования параметров транспортного средства для перевозки соломы / А. П. Бабков // Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса : материалы международной научно-практической конференции, Курск, 23–25 января 2008 года. Том Часть 1. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2008. – С. 56-58. – EDN VISFXT.

8. Борисов, С. Е. Обоснование размеров механизма разгрузки транспортного средства для перевозки соломы / С. Е. Борисов, А. А. Давыдов, А. П. Бабков // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 октября 2021 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 26-28. – EDN RSDYMO.

9. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

10. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

11. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

12. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

13. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

*Sopin Alexander Viktorovich, master's student,*

*Alexey Sergeevich Mayakov, master's student,*

*Scientific supervisor - Babkov Andrey Petrovich, candidate of technical sciences, associate professor (e-mail: babkov\_ap@mail.ru)*

*Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia*

#### **DETERMINATION OF THE MAXIMUM ALLOWABLE MOVING THE CARGO PLATFORM**

*Abstract. This article presents a method for calculating the maximum permissible movement of the cargo platform of the car in the transverse plane, the value of the maximum movement of the cargo platform of the GAZ-SAZ-2507 car is determined.*

*Keywords: cargo platform, car, equilibrium condition, weight moment, chassis.*

#### **ЗАВИСИМОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ОТ ХАРАКТЕРА И СОСТОЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Старых Светлана Алексеевна, к.э.н., доцент, инженер кафедры  
таможенного дела и мировой экономики  
(svetlana.staryx.87@mail.ru)*

*Ратникова Мария Игоревна, магистр  
Дегтев Алексей Иванович, магистр*

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*Энергетика из всех отраслей деятельности человека оказывает самое большое влияние на нашу жизнь. Мы не можем и дня прожить без использования электроэнергии, и потребности в энергии растут с каждым днем. Цивилизация очень динамичная, и любые изменения, происходящие в жизни, в первую очередь требуют энергозатрат. Однако, при существующих формах национальных экономик, могут возникнуть серьезные энергетические проблемы. Такие проблемы развития энергетического комплекса являются очень актуальными на сегодня. В статье рассматривается электроэнергетический комплекс РФ, дается его характеристика по видам электростанций, выработке электроэнергии, производительности труда в отрасли, энергоёмкости экономики, капитализации и количеству инвестиций.*

*Ключевые слова: электроэнергетический комплекс России, основные показатели развития электроэнергетики, сильные и слабые стороны отрас-*

ли электроэнергетика, энергетическая отрасль, гидроэлектростанции, атомные электростанции, тепловые электростанции.

*Публикация выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема №1.13.20Ф «Концептуальные основы обеспечения экономической безопасности Российской Федерации в условиях цифровизации: контуры пространственных преобразований»)*

Одной из важнейших проблем энергетического комплекса можно считать высокую стоимость энергии, приводящую, в свою очередь, к удорожанию себестоимости выпускаемой продукции. Несмотря на то, что в последние годы активно ведутся разработки, способные позволить использование альтернативных источников энергии, ни одна из них на сегодняшний момент не способна полностью вытеснить углеводороды с мировой энергетической арены. Альтернативные технологии – дополнение к традиционным источникам, но не их замена [2, 4-5].

В России проблема усугубляется еще и состоянием упадка энергетического комплекса. Электрогенерирующие комплексы находятся не в самом лучшем состоянии, многие электростанции физически разрушаются. В результате стоимость электроэнергии не снижается, а постоянно возрастает.

Наибольшую долю в структуре мощности электростанций ЕЭС России составляют тепловые электростанции, их доля – 67,94%, гидроэлектростанции занимают 20,21%, атомные электростанции – 11,64%, ветровые и солнечные электростанции занимают незначительную долю (рис.1).

Рисунок 1. Выработка электроэнергии в 2020 году в регионах России по типам генерации, %

Основной проблемой энергетики является также то, что наряду с черной и цветной металлургией энергетика оказывает мощное негативное влияние на окружающую среду. Предприятия энергетики формируют 25 % всех выбросов промышленности.

Так, например, в России крупнейшими загрязнителями атмосферы являются Рафтинская ГРЭС (г. Асбест, Свердловская область) - 360 тыс. тонн, Новочеркасская (г. Новочеркасск, Ростовская обл.) - 122 тыс. тонн, Троицкая (г. Троицк-5, Челябинская обл.) - 103 тыс. тонн, Верхнетагильская (Свердловская обл.) - 72 тыс. тонн.

Долгое время мировое энергетическое сообщество делало ставку на атом, но это направление развития также можно назвать тупиковым. В европейских странах наблюдается тенденция к постепенному отказу от АЭС. Несостоятельность энергии атома подчеркивается еще и тем, что за долгие десятилетия развития она так и не смогла вытеснить углеводороды.

Еще одной проблемой в сфере электроэнергетики является энергетическая проблема.

Разведанные запасы угля не превышают 10% от общих. Добывают как каменный уголь, на которое приходится 60% угольных ресурсов мира, так и бурый уголь. Богатыми на уголь регионами мира является Азия (54%), Северная Америка (28%) и Европа (9%). Большинство угольных бассейнов находится на территории России, США и Китая, на которые приходится около 80% общепланетарной запасов.

Общий объем производства электроэнергии за счет возобновляемых ресурсов растет ежегодно на 3%, и его доля в мировом производстве электроэнергии увеличится с 18% в 2007 г. до 23% в 2035 г. Почти 80% роста приходится на гидро- и ветроэнергетику. Вклад ветроэнергетики в общее производство электроэнергии особенно быстро вырос за последнее десятилетие — с 18 ГВт установленной мощности в конце 2011 г. до 159 ГВт в конце 2021 г. Такая тенденция сохранится и в будущем. Из 4,5 трлн кВт·ч, которые приходятся на долю возобновляемой энергетики в рассматриваемый период, 2,4 трлн (54%) относится к гидроэнергетике и 1,2 трлн (26%) приходится на ветроэнергетику.

Перспективы развития энергетики, в первую очередь, связываются с разработкой эффективных альтернативных источников.

Ни одно из этих направлений не способно решить проблему энергетического кризиса, когда простого дополнения старых источников энергии альтернативными уже недостаточно. Разработки ведутся в разных направлениях и находятся на различных стадиях своего развития.

Так, тепловые электростанции очень дешевые в строительстве и обслуживании, непрерывно работают и повсеместно расположены. Однако, топливные ресурсы Земли не бесконечны, их хватит максимум на сто лет, загрязняют атмосферу вредными выбросами, создают парниковый эффект.

Преимущества гидроэлектростанций заключается в низкой себестоимости электроэнергии, отсутствии вредных выбросов в атмосферу. Но, недостатки гидроэлектростанций заключаются в том, что их строительство возможно только на территории водных бассейнов, их строительство довольно трудоемкое и дорогое, а плотины, построенные для ГЭС, наносят ущерб водной экосистеме [1, 7-8].

Атомные электростанции обладают огромным электро-потенциалом и рентабельностью, а также не загрязняют атмосферу продуктами сгорания. Но существует актуальная проблема, заключающаяся в безопасности атомных электростанций, то есть в случае аварии возникает опасность радиоактивного заражения.

Солнечная энергетика подразумевает использование энергии солнца. Она является общедоступной, неисчерпаемой и абсолютно безопасной, но при этом, она зависима от климата и времени суток. Достигая атмосферы земли, солнечное излучение частично отражается, поглощается, преломляется и излучается (рис.2).

## Рисунок 2. Система солнечного обогрева

Ветроэнергетика основана на использовании энергии ветра, также как и солнечная энергия - является возобновляемым видом энергии, но зависима от климата и погодных условий.

Термоядерная энергетика является слабоизученной и неразвитой, однако, примером природного термоядерного реактора является Солнце, что позволяет говорить о высокой эффективности данного вида энергетике.

Для получения биотоплива перерабатываются стебли сахарного тростника или семена кукурузы, сои или рапса.

Геотермальная энергия представляет собой энергию вулканов в виде воды и пара. Преимущество заключается в том, что при ее использовании, снижается влияние на окружающую среду.

Энергия волн, приливов и отливов использует энергию океана. Так, в Японии используется данный вид энергии для того, чтобы обеспечить океанский транспорт.

Энергия воды может быть использована многими способами. Это сооружение, предназначенное для использования энергии волн и находящееся около Порнахэвена на острове Айлэй в Шотландии, построено в горном ущелье на берегу моря. По мере того, как вода опускается и поднимается, она заставляет воздух двигаться через турбину, вращающую электрогенератор. Системы, использующие энергию волн, могли бы удовлетворить

почти 3/4 нынешних потребностей Европейского Сообщества в электроэнергии. Возможности малых электростанций также весьма существенны. В Китае действует более 5000 таких станций, однако при этом используется только 1/5 часть его потенциальных гидроресурсов. Из существующих в США 67000 плотин, многие из которых были построены для контроля за стоком воды, менее 3% используются сейчас для выработки электричества. Если бы все эти плотины были переоборудованы, они смогли бы снабдить электричеством несколько миллионов домов в США (рис.3).

### Рисунок 3. Схема упрощенной системы приливных электростанций

В последние годы все чаще появляются технологии, которые еще недавно казались невозможными. Развитие подобных источников энергии способно полностью преобразить привычный мир.

В перспективе появятся и другие технологии, разработка которых позволит отказаться от использования углеводородов и, что немаловажно, снизить себестоимость энергии.

Однако, с учетом того, что топливные ресурсы не бесконечные, гидроэлектростанции невозможно строить повсеместно, а атомная энергетика довольно опасна, то необходимо обратить более пристальное внимание именно на нетрадиционные виды электроэнергетики. Конечно, при практическом освоении этих возможных источников потребуются несколько десятков лет из-за высокой капиталоемкости и соответствующей инерционности в реализации проектов. Но возможно в будущем, мы сможем «воспроизводимые», экологически чистые ресурсы энергетике, что позволит сохранить нам окружающую среду [3, 6, 9].

Таким образом, существует множество альтернативных источников энергии, но основной их недостаток заключается в низком КПД, что позволяет говорить об ограниченности данных видов энергии.

#### *Список литературы*

1. Ананичева, С. С. Модели развития электроэнергетических систем [Текст]: учебное пособие / С.С. Ананичева. - М.: Флинта, 2018. - 517 с.
2. Боровиков, В. А. Электрические сети энергетических систем [Текст]: учебник / В.А. Боровиков, В.К. Косарев, Г.А. Ходот. - М.: Энергия, 2008. - 392 с.

3. Бушуев, В.В. Энергоинформационные основы устойчивого развития (на примере российских регионов) [Текст] / В.В. Бушуев. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 58 с.
4. Терехов, А.А. Аудит: перспективы развития [Текст] / А.А. Терехов. - Москва: Огни, 2001. - 560 с.
5. Старых, С.А., Расторгуев, А.А., Семенов, И.М., Ткаченко, М.Д. Проблемы обеспечения экономической безопасности России при реализации внешнеторговой политики и пути их решения [Текст] / В сборнике: Актуальные проблемы развития социально-экономических систем: теория и практика. Сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 345-348.
6. Старых, С.А., Перепелкин, И.Г. Анализ влияния коронавирусного кризиса на экономику России [Текст] / С.А. Старых, И.Г. Перепелкин // Регион: системы, экономика, управление. - 2021. - № 4 (55). - С. 192-196.
7. Старых, С.А., Перепелкин, И.Г., Зеньковская, А.В. Обеспечение экономического роста Российской Федерации в современных условиях [Текст] / С.А. Старых, И.Г. Перепелкин, А.В. Зеньковская // Регион: системы, экономика, управление. - 2021. - № 4 (55). - С. 31-37.
8. Минаков, В.Е., Минакова, О.И. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в России [Текст] / В сборнике: XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». Материалы форума. - Белгород, 2020. - С. 2946-2950.
9. Чаплыгина, М.А., Добринова, Т.В., Головин, А.А. Совершенствование энергетического хозяйства предприятия [Текст] / М.А. Чаплыгина, Т.В. Добринова, А.А. Головин // Вестник Алтайской академии экономики и права. - 2022. - № 9-1. - С. 68-73.

*Svetlana Alekseevna Starykh, Candidate of Economics, Associate Professor, Engineer of the Department*

*of Customs and World Economy*

*(cvetlana.staryx.87@mail.ru )*

*Ratnikova Maria Igorevna, Master*

*Degtev Alexey Ivanovich, Master*

*Southwest State University, Kursk, Russia*

### **DEPENDENCE OF MANAGEMENT ON THE NATURE AND STATE OF THE ECONOMIC SYSTEM OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY IN MODERN CONDITIONS**

*Of all the branches of human activity, energy has the greatest impact on our lives. We cannot live a day without using electricity, and energy needs are growing every day. Civilization is very dynamic, and any changes taking place in life, first of all, require energy consumption. However, with the existing forms of national economies, serious energy problems may arise. Such problems of the development of the energy complex are very relevant today. The article examines the electric power complex of the Russian Federation, gives its characteristics by types of power plants, electricity generation, labor productivity in the industry, energy intensity of the economy, capitalization and the number of investments.*

*Keywords: the electric power complex of Russia, the main indicators of the development of the electric power industry, the strengths and weaknesses of the electric power industry, the energy industry, hydroelectric power plants, nuclear power plants, thermal power plants.*

## **ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

*Старых Светлана Алексеевна, к.э.н., доцент, инженер кафедры  
таможенного дела и мировой экономики  
(cvetlana.staryx.87@mail.ru)*

*Ратникова Мария Игоревна, магистр  
Дегтев Алексей Иванович, магистр*

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*Актуальность темы исследования обусловлена тем, что рациональное использование природы, забота о ее охране и воспроизводстве ее богатств является одной из главных задач в жизни общества. Существующие законы запрещают хищническую добычу природных ресурсов, но в ходе хозяйственной деятельности допускаются отступления от этих законов и часто происходят непоправимые негативные изменения природных условий. Чтобы не допустить этого, необходимо тщательное научное обоснование любого крупного вмешательства в природу. В данной статье рассматриваются экологические проблемы, вызванные производством электроэнергии и работой электростанций. Показано влияние различных типов электростанций на текущую экологическую ситуацию. В ходе исследования использовались систематические и аналитические методы, а также метод обобщения данных международных опросов.*

*Ключевые слова: электроэнергетика, электростанция, окружающая среда, альтернативный источник энергии, электричество.*

*Публикация выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема №1.13.20Ф «Концептуальные основы обеспечения экономической безопасности Российской Федерации в условиях цифровизации: контуры пространственных преобразований»)*

Электроэнергетика занимает важное место в экономике любой страны, что объясняется такими преимуществами, как: относительная легкость передачи на большие расстояния, распределения между потребителями, а также преобразования в другие виды энергии (химическую, механическую, световую, термические и др.). Характерной особенностью электроэнергии является одновременное производство и потребление. С 1990-х по 21 век мировое производство электроэнергии увеличилось примерно в две тысячи раз, и этот прирост растет с каждым годом. Основная часть производства электроэнергии (ок. 50% - 55%) приходится на развитые страны, но в последние годы рост производства электроэнергии в развивающихся странах с каждым годом растет быстрее, чем в развитых странах (рис. 1).

Рисунок 1. Потребление электроэнергии  
на душу населения на 2020 год (МВт)

Наиболее распространенными типами электростанций являются: ТЭС; ГЭС; АЭС.

Большая часть электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями. Они составляют примерно  $\frac{2}{3}$  от общего числа. В некоторых странах доля электроэнергии, вырабатываемой тепловыми электростанциями, превышает 80%. Тепловые электростанции работают на угле, нефтепродуктах и газе. В мире насчитывается 199,444 млрд м<sup>3</sup> запасов природного газа, из них около 40% приходится на страны Ближнего Востока, 33% на страны Восточной Европы и Центральной Азии. Мировые запасы нефти составляют 1,483 трлн баррелей, из которых 54% приходится на Ближний Восток и 22% на Латинскую Америку (рис. 2).

Рисунок 2. Количество запасов нефти и газа в странах мира

В мировом масштабе гидроресурсы обеспечивают получение около 5-6% электроэнергии (в России 20,5%), атомная энергетика дает 17-18% электроэнергии. В России ее доля близка к 12%, а в ряде стран она является преобладающей в энергетическом балансе (Франция - 74%, Бельгия - 61%, Швеция - 45%).

Около 90% энергии в настоящее время производится за счет сжигания топлива (включая дрова и другие биоресурсы). Доля источников тепла в

производстве электроэнергии снижается до 80-85%. В то же время в промышленно развитых странах нефть и нефтепродукты в основном используются для удовлетворения транспортных нужд. Например, в США (данные 2020 г.) на нефть приходилось 44 % всего энергетического баланса страны, а на производство электроэнергии — всего 3 %. Для угля характерна обратная модель: с долей 22% в общем энергобалансе он является основным источником электроэнергии (52%). В Китае доля угля в производстве электроэнергии близка к 75%, в то время как в России преобладающим источником производства электроэнергии является природный газ (около 40%) и уголь составляет лишь 18% получаемой энергии, доля нефти не превышает 10% (рис. 3).

Рисунок 3. Добыча угля в странах мира (млн тонн в год)

Тепловые электростанции, работающие на ископаемом топливе, оказывают негативное влияние практически на все сферы окружающей среды и подвергают природу всем рассмотренным видам воздействия, включая выбросы радиоактивных веществ в составе золы с дымовыми газами, которые, по оценкам специалистов, превышают количество излучение, испускаемое атомными электростанциями при их нормальной эксплуатации. Радиоактивные вещества, содержащиеся в первичном топливе, выносятся из ТЭЦ с твердыми частицами (золой) и рассеиваются дымовыми газами на большую площадь [4].

Загрязнение природной среды происходит и при транспортировке топлива, как в виде его прямых потерь, так и в результате расхода энергетических ресурсов на его транспортировку, что в среднем происходит по территории России на расстояние около 800 км.

Общее количество позиций, определяющих негативное воздействие объектов электроэнергетики на окружающую среду, оказалось наибольшим для ТЭС, использующих ископаемые виды топлива.

По такой качественной оценке воздействия на окружающую среду АЭС с их топливной базой находятся на втором месте. Они эксплуатируются в 31 стране мира. Всего 191 АЭС с 449 энергоблоками общей электрической мощностью около 887 МВт; строятся 52 энергоблока; 178 приводов закрыты [1].

Недостатком АЭС являются тяжелые последствия аварий, а также затраты на техническое обслуживание и меры безопасности, особенно радиационной. Одним из основных источников радиоактивного загрязнения окружающей среды, представляющим серьезную опасность для окружающей среды, являются отходы, образующиеся на предприятиях по добыче и переработке урановых руд, по производству топливных элементов и образующиеся в процессе эксплуатации атомных электростанций.

Гидроэлектростанции составляют около 16% всех электростанций. Около 14 стран производят большую часть своей электроэнергии за счет гидроэнергетики. Крупнейшая ГЭС, построенная в Китае на реке Янцзы – «Три ущелья», мощностью более 97 000 МВт. В целом самые крупные ГЭС построены в Китае и Бразилии [2].

Преимуществом гидроэлектростанций является использование возобновляемого источника энергии. Однако строительство и эксплуатация ГЭС обходятся очень дорого. Огромной экологической проблемой гидроэлектростанций является строительство водохранилищ, которые влияют на изменение климата близлежащих территорий и являются естественными аккумуляторами загрязнения. Водоемы ослабляют континентальность климата, что приводит к изменению видового состава территории, т.к. Не все животные и растения переносят чрезмерную влажность. Также строительство дамб приводит к затоплению близлежащих территорий, в том числе плодородных сельскохозяйственных угодий, пастбищ и других полезных площадей. Плотины также разрушают и изменяют речные экосистемы. Еще одна проблема с гидроэлектростанциями заключается в том, что плотины препятствуют миграции рыбы вверх по течению, что приводит к обеднению речной экосистемы. Для решения этой проблемы некоторые страны, например Норвегия, создают искусственные аквариумы. Норвегия также использует тактику малых ГЭС, которые снабжают электроэнергией отдельные населенные пункты и где жители сами эксплуатируют эти электростанции [1].

Кроме того, с вопросами экологической безопасности связана еще одна энергетическая проблема - передача электроэнергии от мест ее производства к потребителю. Негативное воздействие линий электропередач (ЛЭП) на окружающую среду общеизвестно и обусловлено сильным электромагнитным полем (ЭМП) и рядом связанных с ним явлений - отчуждение больших площадей под трассами (коридорами, просеками) ЛЭП, так называемое применение гербицидов для подавления растительности на полях. Естественно, все может привести к развитию онкологических заболеваний у взрослых и детей и, как следствие, к социально-психологической

напряженности в населенных пунктах вблизи (или через которые) проходит ЛЭП. Поэтому при проектировании и строительстве ЛЭП необходимо минимизировать их нагрузку на животных и людей [4].

При этом вопрос влияния коронакризиса на состояние и динамику развития этих предприятий остается малоизученным. Например, пандемия коронавируса в России, начавшаяся в январе 2020 года, оказала существенное влияние на состояние и динамику развития страны. Произошло снижение объемов добычи и производства основных энергоносителей.

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что в 2020 г. темпы роста ВВП снизились во всех странах, кроме Китая, где пандемия была преодолена относительно быстро, а валовой внутренний продукт страны демонстрировал положительную динамику в течение года. Снижение энергопотребления выше среднемирового зафиксировано в наиболее развитых странах, таких как США и страны Евросоюза. При этом наибольшие показатели сокращения энергопотребления фиксируются в транспортном секторе экономики этих стран. В Китае эти цифры значительно ниже, чем в среднем по миру. Сокращение выбросов углекислого газа в результате снижения роста производства в наиболее развитых странах мира, особенно в США и странах ЕС, следует оценивать положительно. Для мира в целом значение показателя сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферный воздух достигло исторического максимума в 2020 г. (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели энергопотребления и выбросов CO<sub>2</sub> по странам мира в 2020 году, динамика в %

Показатели	Мир в целом	КНР	США	ЕС
ВВП	-4,5	+1,8	-3,8	-8,0
Потребление энергии	-5,9	-1,0	-7,0	-6,0
Потребление транспортного сектора	н/д	-4,0	-11,0	-12,0
Выбросы CO <sub>2</sub>	-8,6	-2,5	-11,0	-10,0

Исходя из этого, ни в коем случае нельзя все объекты электроэнергетики считать экологически равноценными. Наибольшее количество негативных воздействий связано с развитием и эксплуатацией тепловых электростанций. Однако количество вредных веществ, выбрасываемых электростанциями в воздух, за 10-летний период значительно уменьшилось, несмотря на то, что производство электроэнергии за тот же период выросло на 27%. Это снижение было достигнуто за счет изменения структуры производственных мощностей, совершенствования систем золоочистки, увеличения доли используемого природного газа, уменьшения количества сжигаемого на электростанциях высокосернистого мазута, снижения среднего содержания серы в угле.

Основным направлением альтернативной энергетики является поиск и использование нетрадиционных источников энергии. Альтернативный источник энергии – возобновляемый источник, он заменяет традиционные

источники энергии, работающие на нефти, добываемом природном газе и угле, которые при сгорании выделяют в атмосферу углекислый газ, тем самым способствуя росту парникового эффекта и глобальному потеплению.

Уменьшение потери энергии. Ведь чем меньше потери, тем меньше энергии нужно производить, а значит, и выбросов будет меньше. Примерная структура потерь: самые большие затраты связаны с воздушным транспортом (ВТ), это около 64% от общего количества потерь. На втором месте влияние короны (ионизация воздуха вблизи проводов ВЛ и, как следствие, возникновение разрядных токов между ними) - 17 %.

Простое отключение ненужных приборов снижает потребление энергии. Сыграет роль и покупка только тех вещей, которые используются. Ведь многие вещи покупаются, но не нужны. А это, с одной стороны, ненужное использование энергии и ресурсов, а с другой стороны, огромное количество отходов в результате [3].

Развитие энергетики оказывает влияние на различные компоненты природной среды: атмосферу, гидросферу и литосферу. В настоящее время это влияние принимает глобальный характер, затрагивая все структурные компоненты нашей планеты. Выходом для общества из этой ситуации должны стать: внедрение новых технологий (очистка, утилизация выбросов; переработка и хранение радиоактивных отходов и др.), распространение альтернативной энергетики и использование возобновляемых источников энергии.

Комплексный анализ вопроса воздействия электростанций на окружающую среду в целом позволил выявить основные воздействия, проанализировать их и наметить направления по их минимизации и устранению.

*Список литературы*

1. Ананичева, С. С. Модели развития электроэнергетических систем [Текст]: учебное пособие / С.С. Ананичева. - М.: Флинта, 2018. - 517 с.
2. Бушуев, В.В. Энергоинформационные основы устойчивого развития (на примере российских регионов) [Текст] / В.В. Бушуев. - М.: Книга по Требованию, 2019. - 58 с.
3. Ваганов, П.А. Экологические риски [Текст] / П.А. Ваганов. - М.: Просвещение; Издание 2-е, 2018. - 168 с.
4. Николайкин, Н.И. Экология [Текст] / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. - М.: Дрофа; Издание 3-е, стер., 2004. - 624 с.
5. Старых, С.А. Перспективы развития внешнеторговой деятельности России [Текст] / С.А. Старых // В сборнике: Мировая экономика и социум: современные тенденции и перспективы развития. Сборник научных статей. - 2016. - С. 195-198.
6. Старых, С.А., Перепелкин, И.Г. Анализ влияния коронавирусного кризиса на экономику России [Текст] / С.А. Старых, И.Г. Перепелкин // Регион: системы, экономика, управление. - 2021. - № 4 (55). - С. 192-196.

*Svetlana Alekseevna Starykh, Candidate of Economics, Associate Professor, Engineer of the Department of Customs and World Economy (svetlana.starykh.87@mail.ru)*  
*Ratnikova Maria Igorevna, Master*

*Degtev Alexey Ivanovich, Master  
Southwest State University, Kursk, Russia*

### **THE IMPACT OF MODERN ELECTRIC POWER PRODUCTION SYSTEMS ON THE ENVIRONMENT**

*The relevance of the research topic is due to the fact that the rational use of nature, care for its protection and reproduction of its riches is one of the main tasks in the life of society. Existing laws prohibit predatory extraction of natural resources, but deviations from these laws are allowed in the course of economic activity and irreparable negative changes in natural conditions often occur. To prevent this, a thorough scientific justification of any major intervention in nature is necessary. This article discusses the environmental problems caused by the production of electricity and the operation of power plants. The influence of various types of power plants on the current environmental situation is shown. The study used systematic and analytical methods, as well as a method of summarizing data from international surveys.*

*Keywords: electric power industry, power plant, environment, alternative energy source, electricity.*

### **К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Стефу Ярослав Ильич, аспирант*

*(e-mail: ystefu@yandex.ru)*

*Третьяков Евгений Александрович, д.т.н., профессор*

*(e-mail: eugentr@mail.ru)*

*Югорский государственный университет*

*В статье обоснована актуальность методов выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии, и определения потерь мощности в электросетевом комплексе на основе анализа данных измерительных систем. Представлены существующие подходы и методы определения долевого вклада потребителей в ухудшение показателей качества электрической энергии. Предложены перспективные методы для достижения поставленной цели на основе алгоритмов распознавания событий в электрической сети с параметрами нагрузок и прочих факторов, связанными с построением классификатора влияния электроприемников на показатели качества электроэнергии с учетом признаков и статистических критериев, коррелирующих с нагрузками в реальном времени, а также на основе деагрегирования нагрузки на отдельные профили.*

*Ключевые слова: качество электроэнергии, долевого вклад, потери мощности, измерительные системы.*

Актуальность разработки методов выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии (ПКЭ) и определения потерь мощности, на основе анализа данных интеллектуальных систем учета электро-

энергии (ИСУЭ) и других измерительных систем, как в узлах сети 0,4-10 кВ, так и на границе балансовой принадлежности (ГБП) с потребителями, подтверждается совокупность следующих факторов:

– соответствие указанной темы нормативно-методическим и руководящим документам ПАО «Россети» в области оперативно-технологического управления электросетевым комплексом в отношении использования интеллектуальных средств и систем учета электроэнергии в качестве источников первичной технологической информации для подсистем автоматизированной системы технологического управления (АСТУ);

– возможность реализации методов выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии, на основе современных интеллектуальных приборов учета (ИПУ), которые позволяют измерять, регистрировать и хранить широкий спектр показателей, характеризующих не только мощность и объемы электропотребления, но и текущий режим электрической сети, качество электроэнергии, а также совокупность критичных событий технологического процесса потребления и учета электроэнергии;

– необходимость использования расширяющегося парка измерительных комплексов технического и коммерческого учета электроэнергии в распределительных сетях 0,4-20 кВ с использованием интеллектуальных приборов учета с удаленным сбором данных в рамках реализации Программы развития интеллектуального учета электроэнергии на 2021-2030 гг., в том числе для повышения наблюдаемости и управляемости режимов электрической сети.

Разрабатываемые авторами методы основываются на интеллектуальном анализе и обработке данных с измерительных систем (интеллектуальных систем учета электроэнергии) и профиле информационной модели электроэнергетики.

В настоящее время известны десятки подходов и методов определения долевого вклада потребителей в ухудшение показателей качества электрической энергии [1-6].

Основные из них:

- метод включения /отключения;
- метод построения зависимостей  $ПКЭ=f(Sнагр)$ ;
- метод баланса искажающих мощностей;
- метод по напряжениям искажений;
- метод по проводимостям искажений;
- метод эквивалентных источников тока.

Также были в свое время разработана методика определения долевого вклада потребителей в ухудшение показателей качества электрической энергии, указанная в руководящих документах, например, РД 153-34.0-15.502-2002, часть 2 (устарел) [7].

Рассматриваемые ПКЭ связаны с такими свойствами электроэнергии как отклонение напряжения, колебания напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия трехфазной системы напряжений, отклонение час-

тоты, провал напряжения, импульс напряжения, временное перенапряжение.

Как правило, все методы основаны на данных, полученных путем краткосрочного измерения переносными средствами измерений, связаны с использованием упрощенных математических моделей без учета взаимовлияния всех нагрузок на всех (используется принцип наложения, аддитивности).

В условиях развития измерительных систем реального времени, в том числе у потребителей с контролем основных ПКЭ, возникает возможность по новому подойти к определению долевого вклада потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии.

Разработка интеллектуальных методов выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии, на основе измерительных систем, является актуальной и для оперативного определения виновников нарушения договорных условий технологических присоединений, т.е. является юридически значимым событием, не говоря даже о возможности достоверной оценки ущерба сетевой организации и электроустановкам потребителей.

Кроме этого, появляется возможность определять режимы работы электроприемников, при которых обеспечивается требуемое качество электроэнергии (управление профилями нагрузок).

Предлагаемые подходы авторов отличаются от существующих следующим:

– методы выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии, реализуются в реальном времени с построением графиков «влияния» на основе измерительных систем для отдельных групп ПКЭ в отдельности (с возможностью прогноза на основе профилей нагрузок);

– методы выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии, основаны на полной математической модели электрической сети (в границах участка, определяемого степенью связности между узлами на основе сенсорного анализа) без использования «принципа наложения»;

– методы выявления потребителей, влияющих на показатели качества электроэнергии, основаны на интеллектуальных способах обработки больших данных (измерительных систем); машинного обучения и выявления «аномалий» на основе кластеризации и нейронных сетей.

Кластеризация массивов данных измерений в узлах электрической схемы, на нагрузках позволяет выявить основные классы, например, электрических нагрузок, по степени сходства изменения измеренных электрических параметров в частотной и временной области и их влияния на ПКЭ (по группам). Анализ отклонений («аномалий») совместно с методами классификации больших данных на основе глубокого обучения позволяет выявить и исключить ошибочные данные, связанные с неисправностью

измерительных каналов или ненормальными режимами (событиями) в системе.

Использование методов нейронных сетей в условиях значительного количества неопределенностей позволяет реализовать алгоритм распознавания событий в электрической сети с параметрами нагрузок и прочих факторов, связанный с построением классификатором влияния электроприемников на ПКЭ на основе признаков и статистических критериев, коррелирующих с нагрузками в реальном времени, а также на основе дезагригирования нагрузки на отдельные профили с учетом ПКЭ. Это безусловно выводит систему контроля и управления качеством электроэнергии на новый технологический уровень.

Представленная проблематика и методы ее решения имеют значительный научный потенциал развития и являются направлением дальнейших исследований авторов.

*Список литературы*

1. Костюков, Д. А. Оценка долевого вклада потребителя в несимметрию напряжений по обратной последовательности в сетях с изолированной нейтралью / Д. А. Костюков, А. В. Петров, А. Е. Куц // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2018. – №. 5. – С. 7-18.

2. Федотов, А. И. Долевой вклад потребителей в изменение показателей качества электроэнергии / А. И. Федотов, Э. Ю. Абдуллазянов, Ю. А. Рылов, Л. В. Ахметвалеева, // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2006. – №. 3-4. – С. 108-112.

3. Саенко, Ю. Л. Анализ методов определения фактических вкладов в понижение качества электрической энергии по несимметрии и несинусоидальности напряжений / Ю. Л. Саенко, Д. Н. Калюжный // Электрификация транспорта. – 2015. – №. 9. – С. 123-133.

4. Карташев, И. И. Контроль КЭ / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов // Мир измерений. – 2002. – №. 5-6. – С. 4-10.

5. Пирог, С. Идентификация местоположения нелинейной электрической нагрузки / С. Пирог, Я. Э. Шклярский, А. Н. Скамьин // Записки Горного института. – 2019. – Т. 237. – С. 317-321.

6. Тигунцев, С. Г. Методика оценки вклада участников электроснабжения в качество электрической энергии / С. Г. Тигунцев // Управление качеством электрической энергии. – 2018. – С. 172-180.

7. РД 153-34.0-15.502-2002. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии. – 2002 – ООО «Научный центр ЛИНВИТ».

**Stefu Yaroslav Ilyich**, student

(e-mail: ystefu@yandex.ru)

**Tretyakov Evgeny Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor

(e-mail: eugentr@mail.ru)

Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

**ON THE ISSUE OF METHODS FOR IDENTIFYING CONSUMERS THAT AFFECT THE QUALITY OF ELECTRICITY AND DETERMINING POWER LOSSES IN THE POWER GRID COMPLEX BASED ON THE ANALYSIS OF DATA FROM MEASURING SYSTEMS**

**Abstract.** The article substantiates the relevance of methods for identifying consumers that affect the quality of electricity and determining power losses in the power grid complex based

on the analysis of data from measuring systems. The existing approaches and methods for determining the share contribution of consumers to the deterioration of the quality of electric energy are presented. Promising methods are proposed to achieve this goal based on algorithms for recognizing events in the electrical network with load parameters and other factors related to the construction of a classifier of the influence of electric receivers on electricity quality indicators, taking into account signs and statistical criteria correlating with loads in real time, as well as on the basis of load disaggregation on individual profiles.

**Keywords:** electricity quality, equity contribution, power losses, measuring systems

## **ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЛУЖБОЙ**

*Сурненко Павел Михайлович, студент*

*(e-mail: pavelturnenkov@yandex.ru)*

*Сазонов Евгений Владимирович, магистрант*

*(e-mail: evgenij.sazonov.2000@mail.ru)*

*Грашков Сергей Александрович, к.т.н., доцент*

*(e-mail: rigii46@mail.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная  
академия имени И.И. Иванова*

*В данной статье описывается форма обслуживания и ремонта энергооборудования, в среднестатистическом хозяйстве, которое выполняет энергетическая служба. Так же речь идет об основных технических документах энергетической службы.*

*Ключевые слова: обслуживание энергооборудования, сбор, доставка и комплектровка энергооборудования, техническая документация энергетической службы.*

В хозяйствах принята форма обслуживания и ремонта энергооборудования при которой весь комплекс работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту энергооборудования выполняет энергетическая служба. Такая форма организации обслуживания энергооборудования выбрана с учетом видов и объемов выполняемых работ, обеспеченности квалифицированными кадрами, необходимыми техническими средствами и территориального расположения объектов обслуживания, как правило, данная методика обслуживания является наиболее экономически обоснованной [1,2,3].

Энергетическую службу хозяйства возглавляет главный энергетик. Служба подразделена на группу ремонта и дежурную службу хозяйства. Группа ремонта выполняет работы по плановому текущему ремонту и техническому обслуживанию энергооборудования как в пункте технического обслуживания, так и в местах его установки, при работе подразделения максимально соблюдаются нормы техники безопасности [4,5].

Персонал группы ремонта подразделяется на две бригады, одна бригада, состоящая из четырех электромонтеров, занимается плановым текущим

ремонт электрооборудования на пункте согласно графика проведения технического обслуживания и текущего ремонта. Вторая бригада занимается вопросами ремонта, наладки, установки энергооборудования, в том числе, оборудования для закалки деталей и обкатки двигателей непосредственно в местах установки [6,7,8].

Бригада из двух электромонтеров обеспечена передвижной электродиагностической лабораторией. В обязанности этой бригады входит:

- проведение текущего ремонта в местах установки энергооборудования;
- демонтаж оборудования, подлежащего ремонту в стационарных условиях, доставка его на пункт технического обслуживания и к месту установки после ремонта;
- установка на рабочее место, наладка и проверка работоспособности оборудования, прошедшего ремонт на пункте;
- сбор, доставка и комплектовка энергооборудования для отправки на специализированное предприятие для проведения капитального ремонта [9].

Дежурная группа хозяйства выполняет необходимые отключения и переключения в электроустановках хозяйства. Устраняет мелкие неисправности, возникающие в процессе эксплуатации, проводит необходимые регулировки и настройки, контролирует выполнение производственными рабочими правил эксплуатации, все эти операции повышают надежность эксплуатируемого оборудования [10].

#### *Техническая документация энергетической службы*

Основным техническим документом службы является энергетический паспорт, форма ЭП-1-1.....ЭП-УШ-2 и техническая документация планирования, учета работ и условий эксплуатации энергоустановок в хозяйстве, формы N1...N16. Энергетический паспорт содержит краткие характеристики энергетических установок и входящего в него основного оборудования, классифицированных по видам энергооборудования в разделы: электро-снабжение и электроприемники, форма ЭП-1...ЭП-П; теплоснабжение, форма ЭП-Ш; водоснабжение, форма ЭП-IV; газификации форма ЭП-V; телефонизация и радиосвязь форма. ЭП-VIII. Каждому разделу паспорта прилагается пояснительная записка, которая содержит общелинейные схемы и планы расположения основных объектов. Энергетический паспорт оформлен в виде отдельной книги в двух экземплярах и подписанный руководителем хозяйства и главным энергетиком. Паспорта составлены на каждом участке обслуживания хозяйства, подшиты в одну папку, они составляют энергетический паспорт хозяйства. Всю документацию в хозяйстве ведет главный энергетик.

#### *Список литературы*

1. 1.Сазонов, Е. В. Инженерная экономика / Е. В. Сазонов, М. С. Кожевников, С. А. Грашков // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 1. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 397-400.

2. Макарова, А. В. Состояние отечественного сельхозмашиностроения и пути повышения эффективности сельскохозяйственного бизнеса / А. В. Макарова, С. А. Грашков, Д. И. Еськов // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 октября 2021 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 59-63.

3. Сазонов, Е. В. Экономика сельского хозяйства и её эффективность / Е. В. Сазонов, Р. А. Крупчатников, С. А. Грашков // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 1. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 400-403.

4. Сазонов, Е. В. Обеспечение безопасности труда при работе в мастерских сельскохозяйственных предприятий / Е. В. Сазонов, Д. И. Еськов, С. А. Грашков // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций : сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции, Курск, 05 октября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 251-254.

5. Сазонов, Е. В. К понятию «экологическая безопасность» / Е. В. Сазонов, М. Е. Пахомов, С. А. Грашков // Юность и знания - гарантия успеха - 2022 : сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции : в 3 т., Курск, 15–16 сентября 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 185-189.

6. Сазонов, Е. В. Термическая обработка шестерен / Е. В. Сазонов, С. А. Грашков, Е. С. Калущкий // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 175-180.

7. Сазонов, Е. В. Поверхностная закалка стали / Е. В. Сазонов, А. А. Смецкой, С. А. Грашков // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 октября 2022 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. – С. 180-184.

8. Повышение информативности процесса диагностирования двигателей автомобилей за счет технической эндоскопии / Е. В. Агеев, А. В. Щербаков, Ю. Г. Алехин, С. А. Грашков // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – № 1(76). – С. 18-26.

9. Гнездилова, Ю. П. Особенности применения электропривода в сельском хозяйстве / Ю. П. Гнездилова, С. И. Жданов, Е. С. Калущкий // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 28–29 января 2015 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2015. – С. 37-38.

10. Сазонов, Е. В. Способы повышения надежности и долговечности машин / Е. В. Сазонов, И. С. Шуклин, С. А. Грашков // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 457-460.

11. Повышение износостойкости стали хвг для деталей топливной аппаратуры дизелей методом нитроцементации/ Грашков С.А., Колмыков В.И.// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2020. Т. 10. № 1. С. 43-56.

12. Повышение устойчивости формы и размеров прецизионных изделий химико-термической обработкой/ Грашков С.А., Колмыков В.И.// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2019. Т. 9. № 1 (30). С. 19-28.

13. Упрочнение режущих деталей сельскохозяйственной техники сульфацианированием/ Сазонов Е.В., Сальков С.Н., Грашков С.А., Пивовар Н.А., Степашов Р.В.// В сборнике: Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Редколлегия: Разумов М.С. (отв. ред.). Курск, 2022. С. 172-181.

14. Восстановление корпусных деталей агрегатов автомобиля кпп с электроэрозионными материалами/ Агеев Е.В., Грашков С.А., Хардинов С.В.// Курск, 2020.

15. Модификация поверхностей деталей плунжерных пар дизельных топливных насосов карбидами путем химико-термической обработки/ Грашков С.А., Колмыков В.И.// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2019. Т. 9. № 2 (31). С. 83-96.

***Surnenkov Pavel Mikhailovich***

*(e-mail: pavelsurnenkov@yandex.ru)*

***Sazonov Evgeny Vladimirovich***, Master's student

*(e-mail: evgenij.sazonov.2000@mail.ru)*

***Grashkov Sergey Alexandrovich***, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*(e-mail: rigii46@mail.ru)*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*

#### **ORGANIZATION, MAINTENANCE AND REPAIR OF POWER EQUIPMENT BY THE ENERGY SERVICE**

***Annotation.*** *This article describes the form of maintenance and repair of power equipment in the average household, which is performed by the energy service. We are also talking about the main technical documents of the energy service.*

***Keywords:*** *maintenance of power equipment, collection, delivery and assembly of power equipment, technical documentation of the ene*

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СОШКИКОВ СТЕРНЕВЫХ СЕЯЛОК**

*Трошин Александр Юрьевич, аспирант*

*troshin16@yandex.ru*

*Башкирев Анатолий Петрович, д.т.н, профессор*

*tmv46@mail.ru*

*Чаплыгина Ирина Анатольевна, соискатель*

*chapluygina\_irina46@mail.ru.*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия*

*им. И.И.Иванова, Россия*

*В статье рассмотрены типы сошников стерневых сеялок и условия их применения для посева сельскохозяйственных культур. Основными условиями их применения предотвращение эрозии почвы в засушливых районах.*

*Ключевые слова: сошники стерневых сеялок, эрозия почвы.*

Для посева сельскохозяйственных культур применяют сеялки прямого посева, которые должны выполнять качественный посев выдерживая агротехнические требования. Сеялки прямого посева имеют специфические сошники для работы по стерне.

Сеялки прямого посева оснащаются разными типами сошников: лаповые, анкерные, долотообразные и дисковые. Применение таких сошников имеет свои особенности в условиях посева по стерне/1,2,3/.

Отечественная и зарубежная промышленность выпускает большое разнообразие посевной техники, которая используется для прямого посева зерновых культур. Если рассмотреть сеялки прямого посева основываясь на типе сошников, то видим что они имеют свои конструктивные особенности. Например сеялки СКП-2,1, Quasar LD 3000-AS оснащены лаповыми сошниками, имеющими усиленную лапу с распределителями семян под ней/4,5/.



Рисунок 1. Лаповый сошник

Такая лапа проводит рыхление почвы со стерней без оборота пласта, работая на глубине посева зерновых культур. Посев лаповыми сошниками проводится в зонах подверженных эрозии и недостаточного увлажнения. Такой посев позволяет создать широкое семенное ложе по которому равномерно распределяется поток семян, что позволяет получить увеличенный до 12-20% урожай. Такие лапы также имеют и недостатки, которые частично нарушают технологический процесс посева. К ним можно отнести повышенную комковатость почвы, забивание рабочих органов растительными остатками и стерней а иногда выносят на поверхность комья и глыбы. Эти недостатки ведут к снижению урожая/6,7/.

Культиваторная лапа вызывает большее повреждение почвы по сравнению с анкерными устройствами и провоцирует забивание пожнивными остатками.

Выпуск сеялок с анкерными сошниками также имеет большое применение в сельскохозяйственном производстве. К таким сеялкам можно отнести СКП-2,1ДА отечественного производства а также посевные комплексы импортного производства Agrator Ancer, Primera DMC от Amazone, Seed Master и другие.



Рисунок 2. Анкерный сошник

Анкерные сошники сеялок прямого посева хорошо смещают пожнивные остатки и почву от рядка и создает условия создать заданную форму посевного ложа, что в последующем дает дружное и быстрое прорастание их. Такие сошники также могут осуществлять и внесение припосевной дозы удобрений. Анкерные сошники имеют параллелограммную подвеску, что позволяет выдерживать заданную глубину посева. К недостаткам долотообразных механизмов относятся недостаточный контроль глубины посева и высокая вероятность нагребания пожнивных остатков.

Применение дисковых сошников на стерневых сеялках имеет большое практическое значение так как простота конструкции позволяет применять их на многих типах сеялок. Такие сошники разрезают почву по стерне без значительного повреждения почвы/8,9/. Существует большое количество разновидностей дисковых сошников, по-разному работающих в тех или иных условиях. Отечественная промышленность выпускает стерневую сеялку с дисковыми сошниками «Берегиня» АП-402 и импортные: относятся Salford 520, SD7200 и другие.

Большой практический интерес представляет двухдисковый сошник стерневой сеялки Salford 520 который хорошо копирует неровности поля и выдерживает установленную глубину заделки на высоких скоростях.



Рисунок 3 Дисковый сошник

Высев семян с таким сошником разнесен на четыре процесса: - прорезание пожневных остатков волнистым дисковым ножом, - образование бороздки двухдисковым сошником на заданную глубины посева; - подача и распределение семян в бороздке; - заделка и уплотнение семян в бороздке прикатывающим катком.

Такой сошник также имеет и недостатки: - попадание в образованную бороздку сухой стерни; - требуют значительного времени для их настройки на заданные условия работы и сложности обслуживания.

Рассмотренные сошники стерневых сеялок широко применяются в сельскохозяйственном производстве, имеют различный функционал и выбор той или иной сеялки зависит от условий их применения и желания сельхозтоваропроизводителей.

#### *Список литературы*

1. Research of the effect of willow – herb products in the preparation of kefir on the composition of fatty acids/ Belyaev A.G., Kaluzhskikh A.A., Boev S.G., Budnikova A.S., Kuleshova E.S., Bashkirev A.P.// В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials - Technology of Fats and Oils" 2021. С. 042006

2. Fundamental principles of pulsed light technique in food preservation mini review/ Bashkirev A.P., Pimenov N., Laishevchev A., Semykin V., Pigorev I., Shvarch A., Mohammad A.Sh., Glinushkin A.// Entomology and Applied Science Letters. 2016. Т. 3. № 3. С. 47-49.

3. Особенности работы гребнеобразователей/ Башкирев А.П., Шварц А.А., Шершнева Н.С.// Наука в центральной России. 2020. № 3 (45). С. 47-52.

4. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля/ Гаджиев П.И., Башкиров А.П., Рамазанова Г.Г., Гаджиев И.П., Шершнева Н.С.// Наука в центральной России. 2022. № 3 (57). С. 41-47.

5. Основные свойства гребнеобразования/ Башкиров А.П., Шершнева Н.С.// В сборнике: Актуальные проблемы молодежной науки в развитии АПК. материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курск, 2020. С. 369-371.

6. Особенности возделывания картофеля на поливе/ Башкиров А.П., Шершнева Н.С.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 17-21.

7. Условия применения опрыскивателей в сельском хозяйстве/ Башкиров А.П., Шварц А.А., Шкабенко А.Ю.// В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 261-264.

8. Оптимальные параметры сушки кипящего слоя/ Коношин И.В., Волженцев А.В., Башкиров А.П.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 211-214.

9. Оптимизация параметров бокового погрузчика прес-подборщика/ Шварц А.А., Шварц С.А., Башкиров А.П.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 223-232.

*Bashkirev Anatoly Petrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, tmv46@mail.ru*

*Troshin Alexander Yurievich, PhD student, troshin16@yandex.ru*

*Chaplygina Irina Anatolyevna, applicant, chaplygina\_irina46@mail.ru .*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I.Ivanov, Russia*

#### **FEATURES OF THE WJRK JF THE COUITES OF STUBBIE SEEDERS**

*Abstract. The article discusses the types of coulters of stubble seeders and the conditions of their use for sowing crops. The main conditions for their use are the prevention of soil erosion in arid areas.*

*Keywords: coulters of stubble seeders, soil erosion.*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОДОРОГ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*Уварова Анна Георгиевна, к.т.н., доцент,*

*(e-mail: a.g.uvarova@yandex.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И.Иванова*

*В данной статье рассматриваются проблемы применения различных светильников и возможные конструктивные решения при обустройстве освещения автомобильных трасс.*

*Ключевые слова: качественное освещение, конструкция светильника, светодиодные светильники, световой поток, освещенность.*

С каждым годом интенсивность автомобильного движения на дорогах страны возрастает. Соответственно возрастает и количество дорожно-транспортных происшествий.

Не секрет, что качественное освещение автомобильных дорог напрямую влияет на безопасность дорожного движения, создает более комфортную

обстановку для управления автомобилем, снижает утомляемость водителя. Полноценное, грамотно спроектированное и реализованное освещение дорожного покрытия снижает количество ДТП как минимум на 30%.

Качественное освещение традиционными светильниками с лампами ДРЛ (дуговая ртутная лампа) и ДНаТ (дуговая натриевая трубчатая лампа) не только потребляет большое количество электроэнергии, но и требует значительных затрат на сервисное обслуживание. Более того, в связи с постоянным ростом стоимости электроэнергии все актуальнее встает вопрос внедрения энергосберегающих технологий с целью снижения затрат по эксплуатации систем освещения[1].

Важным фактором, влияющим на качество освещения, является также конструкция светильника. Большинство традиционных светильников имеют поликарбонатные защитные колпаки, которые в условиях интенсивного движения быстро покрываются пылью и грязью, что негативно сказывается на уровне освещенности дороги.

С появлением и развитием рынка светодиодов, многие производители светотехники начали предпринимать попытки по разработке уличных светильников на их основе.

Большинство производителей гарантирует, что светодиодные светильники в процессе эксплуатации требуют только редкой очистки от загрязнений, проверки качества электрических соединений, а также надежности крепления светильника на консоли. При этом, светодиодные источники света позволяют создавать конструктивные решения без защиты колпаков и стекол, что существенно снижает необходимость периодической очистки таких светильников от грязи.

Учитывая вышесказанное, выгода от использования светодиодных светильников для освещения автомобильных дорог весьма ощутима. Но и здесь есть некоторые проблемы.

В процессе проектирования наблюдается отсутствие четких стандартов и методик выбора светодиодного оборудования приводит к тому, что каждая проектная организация использует то оборудование, которое доступно ей из открытых источников. При этом проектировщики опираются только на данные, предоставляемые производителем в случайной форме в виде маркетинговых материалов – каталогов, брошюр, информации на сайте компании.

К сожалению, как показала практика, большинство этих параметров иногда умышленно, а иногда и по незнанию искажаются.

Например, в отличие от традиционных источников света ламп ДНаТ и ДРЛ, которым нужно время для выхода на рабочий режим с нормальным световым потоком, у светодиодов ситуация прямо противоположная. При подключении к сети светодиодный светильник всегда дает больший световой поток, чем при выходе в номинальный режим. Это связано с зависимостью светоотдачи светодиодов от температуры. В результате прогрева светодиодного светильника, его световой поток может падать на 10% и более

от начального показателя. Обычно выход на режим занимает около часа. Данное свойство затрудняет, в том числе, и лабораторные испытания, требуя значительных затрат времени. При этом далеко не каждая лаборатория обладает методикой, позволяющей измерить финальный световой поток в установившемся режиме. В связи с этим, необходимо в обязательном порядке перед проектированием системы дорожного освещения кроме рекламных материалов запрашивать у производителей протоколы испытаний аккредитованных лабораторий, подтверждающие соответствие основных технических характеристик, таких как световой поток и мощность в установившемся режиме, нормируемым параметрам.

Следующая проблема - размещение источника света – ведь от того, как распределяется в пространстве световой поток светильника, зависит его назначение в освещении. Так, для освещения автотрасс используется кривая силы света типа Ш.

Важно понимать, что неправильно подобранная кривая силы света для уличных светильников, а также отсутствие защитных углов в конструкции светильника, приводит к неравномерности освещения, а также к ослеплению водителей.

Конструкция светильника должна исключать попадание прямого светового потока светодиодов в поле зрения водителя в защитном угле  $15^\circ$  относительно горизонта.

Оптические системы для светодиодов, позволяющие создавать кривые типа Ш, как правило, производятся американскими производителями для американского рынка, европейскими производителями для европейского рынка, а китайскими для европейского, американского и собственного рынков. Анализ зарубежных стандартов показал, что специфические российские требования по освещенности, неравномерности освещения, а также по установке опор и по принципу проектирования систем освещения в целом, не имеют ничего общего ни с европейскими, ни с американскими стандартами.

Правильно выбранная КСС позволяет не только максимально эффективно освещать поверхность дорожного полотна, но и исключает вероятность ослепления водителя при движении по освещенным участкам трассы. Последнее особенно важно, в связи с тем, что имеет отношения к безопасности дорожного движения.

Максимум внимания при разработке светодиодных светильников уделяется качеству самих светодиодов, а также качеству оптической системы. В то же время, как показала практика, основные проблемы, возникающие у светодиодных светильников, связаны с источниками питания

Многие разработчики применяют источники питания известных зарубежных производителей, но, к сожалению, эти устройства, отвечающие всем зарубежным требованиям и стандартам, при использовании в специфических российских электросетях и климатических условиях либо начи-

нают отказывать, либо их характеристики сильно отклоняются от номинальных.

Основных причин здесь две: первая - это нестабильность питающего напряжения, выражающаяся в так называемых «бросках» напряжения, вторая – отсутствие качественного заземления электроустановок, приводящее к появлению паразитного потенциала на корпусе светильника.

Поскольку уличные светильники обычно работают в режиме группового включения, а потребляемые мощности системы освещения достаточно высоки, крайне важным является также параметр коэффициента мощности источника питания. Чтобы исключить резкое повышение нагрузки на питающую сеть при групповом включении, современные светодиодные светильники имеют задержку подачи питающего напряжения на светодиоды до нескольких секунд. Такой способ включения гарантирует плавный выход на режим светильника и оптимален для питающей сети.

Создание конструкций, обеспечивающих оптимальный теплоотвод также является немаловажным элементом проектирования. Первые модели уличных светильников были похожи на своих предшественников, на светильники с традиционными источниками света, такими как ДРЛ и ДНаТ. Однако скоро стало очевидно, что подобные конструкции совершенно не подходят для светодиодных источников света, поскольку от рабочей температуры кристалла светодиода напрямую зависит его срок службы и конечная эффективность.

Как правило, радиатор в светодиодных светильниках представляет из себя алюминиевый профиль с вертикальным оребрением различной высоты. Это достаточно эффективный способ отвода тепла, но в условиях эксплуатации на дорогах отсутствие специальных ребер, защищающих от грязи, приводит к очень быстрому снижению эффективности теплоотвода со всеми вытекающими последствиями.

Только немногие современные модели снабжены конструктивными элементами снижающими загрязнение радиатора в процессе эксплуатации светильника.

Несмотря на то, что светодиоды намного надежнее традиционных источников света, существуют заблуждения, что такие светильники не требуют сервисного обслуживания. Это не так, даже светодиодные светильники выходят из строя. При этом многие производители отмечают, что они производят оборудование, не требующее обслуживания, считая это своим конкурентным преимуществом.

В последнее время ведущие производители начали выпускать светильники, которые позволяют проводить сервисное обслуживание и менять как источники света, так и источники питания не снимая светильник с опоры.

Как видно из вышеизложенного, само применение светодиодных светильников для освещения автомагистралей еще не гарантирует снижения затрат на оплату электроэнергии и повышение качества освещения. Как и любая новая технология, она требует внимательного подхода и детального

изучения. В противном случае высока вероятность получения отрицательного результата, что вызовет разочарование не только у эксплуатирующих организаций, но также может повлиять на безопасность дорожного движения в целом.

При проектировании новых автомагистралей возможна дополнительная экономия на подключении электрической мощности.

*Список литературы*

1. Оптимальная система освещения / Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Жданов С.И. // В сборнике: Интеграция науки и сельскохозяйственного производства материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 28-33.

2. Надежность технологического оборудования/ Бондарь В.С., Шашкова Е.В., Уварова А.Г.// В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. сборник научных трудов Международной молодежной научно-практической конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор: Павлов Е.В., 2015. С. 131-135.

3. Имитационное моделирование в управлении производственными процессами/ Уварова А.Г.// В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2022. С. 232-236.

4. Автоматизация управления процессов промышленного производства/ Уварова А.Г., Помазюк И.Н.//В сборнике: Перспективное развитие науки, техники и технологий. сборник научных статей 12-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 348-352.

*Uvarova Anna Georgievna, PhD, Associate Professor,  
Kursk State Agricultural Academy named after I.I.Ivanov*

**MODERN PROBLEMS OF HIGHWAY LIGHTING  
AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE THEM**

*Abstract: This article discusses the problems of using various lamps and possible design solutions for the arrangement of lighting of highways.*

*Keywords: high-quality lighting, lamp design, LED lamps, luminous flux, illumination.*

**РАЗРАБОТКА ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ  
ИМПУЛЬСА, УСТАНОВЛИВАЕМОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ  
КОДОМ С ТРЕМЯ РАЗРЯДАМИ УПРАВЛЕНИЯ**

*Ульянова Алина Сергеевна, студент*

*(ulyanova5270@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*Делитель частоты с длительностью импульса, устанавливаемой параллельным кодом с тремя разрядами управления, называется устройством, которое по полному модулю счета производит сигнал, соответствующий длительности импульса.*

*Ключевые слова: делитель частоты; схемотехника; проектирование.*

На основе TV триггера разрабатывается 5-разрядный неполный счетчик с модулем счета 18.

Переход значений счетчика происходит с шагом  $K=1$ , при достижении числа 18 счетчик обнуляется и начинает счет заново.

Производим функции возбуждения счетчика [1]:

$$V_0 = V_0^{\text{II}} = 1$$

$$V_1 = Q_0 * \overline{Q_4} * Q_0$$

$$V_2 = \overline{Q_1} + \overline{Q_0}$$

$$V_3 = \overline{Q_2} + \overline{Q_1} + \overline{Q_0}$$

$$V_4 = \overline{Q_3} + \overline{Q_2} + \overline{Q_1} + \overline{Q_0} + \overline{Q_4} + \overline{Q_0}$$

Для того, чтобы установить делитель частоты параллельным кодом, в схему добавлен компаратор.

Производим функции возбуждения компаратора [2]:

$$V_{\text{сomp}} = Q_4 + Q_3 + \overline{Q_2} + M_2 + (Q_2 \oplus M_2) + \overline{(Q_1 + M_1)} + (Q_0 \oplus M_1) + \overline{Q_0} + M_0$$

На основе полученных функций, соберем (рисунок 1) и промоделируем (рисунок 2) делитель частоты с коэффициентом деления 18[3]:

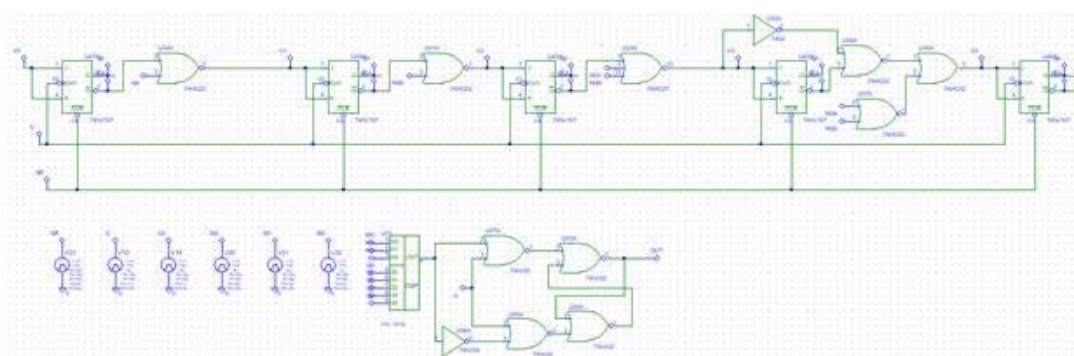


Рисунок 5 - Схема делителя частоты с коэффициентом деления 18 на основе TV триггера

Разработана и смоделирована принципиальная схема делителя частоты с длительностью импульса, устанавливаемой параллельным кодом с тремя разрядами управления на в пакете компьютерных программ OrCad.

Ненагруженный кольцевой генератор способен работать на частоте 443 МГц. Нагруженная схема, являющаяся аналогом разрабатываемого устройства по худшему случаю, при максимальном коэффициенте разветвления равным 4, способна работать на частоте 104 МГц. Максимальное допустимое разветвление схемы при частоте 5 МГц составляет 49 элементов [4].

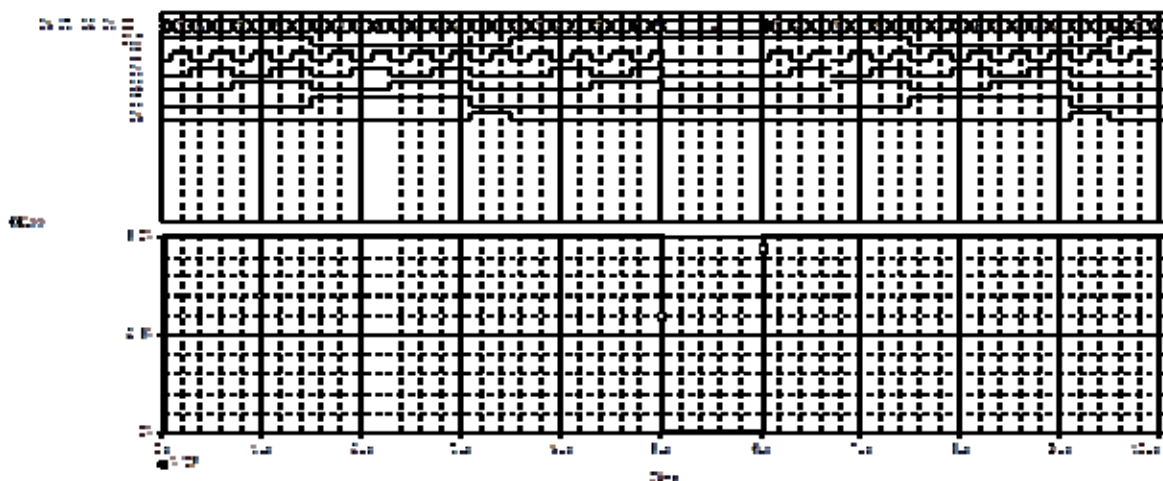


Рисунок 6 Результаты логического моделирования

Рисунок 3 показывает, что за время 40 мкс (немного больше, чем три цикла работы устройства) мощность выравнивается и колеблется около определённого значения. Это значение и есть средняя потребляемая мощность:  $P_{\text{ср}} = 65$  мкВт [5].

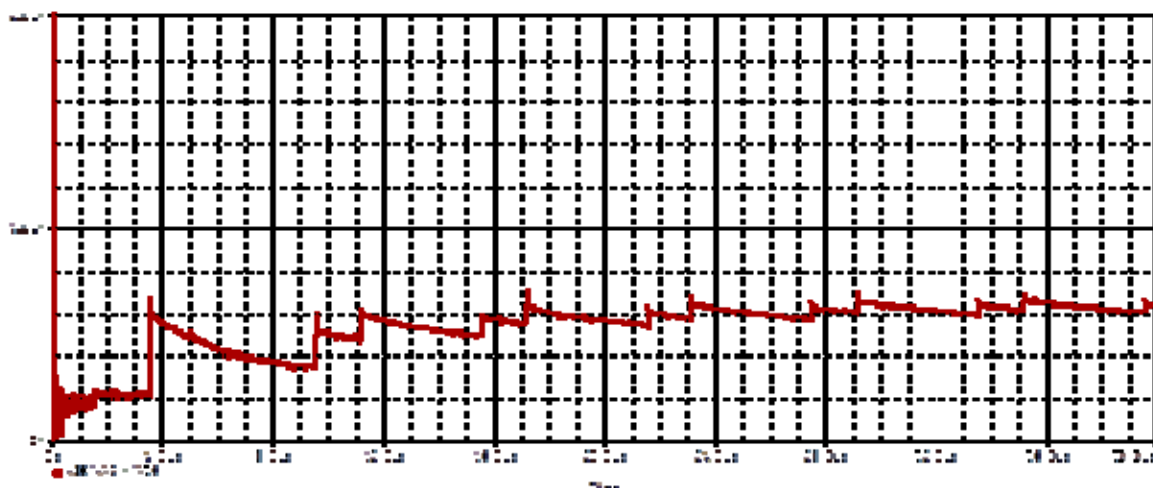


Рисунок 7 Измерение средней потребляемой мощности устройства

Средняя потребляемая мощность:  $P_{\text{ср}} = 65$  мкВт.

В ходе проектирования применялись различные методы оптимизации структуры устройства (исключение лишних вентилях, применение минимальных геометрических размеров) [6].

#### Список литературы

1. Дерябнин М.А., Зайцев А.А. Использование модулярной арифметики для ускорения выполнения операций над числами большой разрядности – Уфа: Вестник УГАТУ №5 (58), 2013, с. 245-251.
2. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. М., 2004 г.
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: в 2 т.: пер. с нем. – Т.1. – М.: Додэка-XXI, 2008, 892 с.

4. Ракитин В.В. Интегральные схемы на КМОП-транзисторах: Учебное пособие – М., 2007, 307с.

5. Omondi A., Premkumar B. Residue Number Systems: Theory and Implementation – London: Imperial College Press, 2007, 296 с. Мижерииков В.А., Юзефовичус Т.А. Введение в информационные технологии: учеб. пособие. М.: Информатика, 2005. — 352 с.

6. Сабиров В.Ш. Предмет исследования защиты информации // Судебный вестник. — 2004. — № 6. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.it.ru/article.php?no=317> (дата обращения 12.12.2012) /student/110/184694 (дата обращения: 22.03.2023).

*Ulyanova Alina Sergeevna, student*

*Don State Technical University*

#### **DEVELOPMENT OF A FREQUENCY DIVIDER WITH A PULSE DURATION SET BY A PARALLEL CODE WITH THREE CONTROL BITS**

*A frequency divider with a pulse duration set by a parallel code with three control bits is called a device that, according to the full counting module, produces a signal corresponding to the pulse duration.*

*Keywords: frequency divider; circuit engineering; design.*

### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Ульянова Алина Сергеевна, студент*

*(ulyanova5270@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В данной статье рассматривается энергосбережение промышленного предприятия*

*Ключевые слова: энергоснабжения, предприятие, электроэнергия.*

Для достижения энергоэффективности для начала необходимо провести анализ топливно-энергетических расходов предприятия. На основе полученных данных, разработать программу энергосбережения для сокращения расхода бюджетных средств на энергоресурсы.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, светодиоды, экономия, энергосберегающие технологии.

1. Новые материалы и технологические процессы.

С целью экономии электроэнергии необходимо приобрести подвижной состав с энергосберегающим тяговым приводом. За счет этого экономия тяговой электроэнергии достигается до 40%. Для достижения наибольшего экономического эффекта требуется приобрести 35 новых троллейбусов.

Предприятию необходимо работать над внедрением новых энергосберегающих технологий. Для этого нужно приобрести троллейбусы, произведенные на базе кузова автобуса «НЕФАЗ» модели БТЗ 72765 А (с асинхронным приводом).

Для экономии ТЭР можно использовать модель трамвая КТМ 71-623 – четырехосный пассажирский низкопольный трамвай. Тяговый привод выполнен на современной элементной базе и обеспечивает отличные энерге-

тические и динамические характеристики. В тормозном режиме предусмотрена возможность рекуперации электроэнергии в контактную сеть.

Технические характеристики и параметры трамвая обеспечивают комфортный проезд для пассажиров, снижают энергопотребление до 40% по сравнению с реостатными системами управления тяговым приводом и увеличивают сроки межремонтной эксплуатации вагона.

2. Применение компьютерных технологий в современных технологических процессах на предприятии.

Установка дополнительной защиты на фидерные автоматы

Преимущества: позволит помимо стандартных защит фидеров (отсечка и токовременная защита) диагностировать и отключать короткие замыкания с высокой селективностью (имеется защита по скорости нарастания тока и средней скорости нарастания тока (защита по приращению тока)), которые стандартная защита отключать не могла (малые токи коротких замыканий). Установка дополнительной защиты на фидерные автоматы повысит безопасность перевозок и позволит свести к минимуму вероятность возгорания подвижного состава.

Для увеличения экономии энергоресурсов необходимо заменить следующее оборудование:

Произвести замену масляных выключателей ВМГ-133, ВМП-10 и выключателей нагрузки ВН-16 на вакуумные ВВ-TEL 10/20.

Произвести замену масляных трансформаторов ТМРУ 1000/10, ТМРУ 2600/10 на сухие трансформаторы ТСЗПУ 1000/10 и ТСЗПУ 2000/10.

Произвести замену выпрямительных агрегатов ВАК-1000, ВАК- 2000, ВАКЛ- 2000 на агрегаты ВТПЕД-1000 и ВТПЕД

Произвести замену кабельных линий 6-10 кВ, 0,6 кВ протяженностью 11,1 км.

Произвести капитальный ремонт контактной сети

Произвести установку современных средств защиты аппаратуры тяговых подстанций АФЗА (Аппаратура фидерной защиты автоматики) и контактной сети УЗКС (Устройство защиты контактной сети).

Внедрить автоматизированную систему дистанционного управления тяговыми подстанциями.

Замена оборудования позволит улучшить реализацию организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования

3. Участие в проведении различного рода испытаний.

Сравнительная характеристика светильников освещения салона подвижного состава электротранспорта. При установке светильников с применением светодиодов вместо светильников с лампами накаливания на одну единицу подвижного состава экономия электроэнергии бортовой сети составляет 8,08 %.

Таблица 1 - Сравнение параметров

Параметры	Светодиодная лампа СТЛ-9WW/24-1000 производства ООО ТК «Аманд»	Светильник с вы- соковольтными лампами накалива- ния
Напряжение питания, В	27	600
Потребляемый ток, А	0,36	0,2
Потребляемая мощность, Вт	9,7	120

Лампы накаливания на одном трамвае в год потребляют 2 160 кВт/ч. Светодиодные светильники потребляют 174,6 кВт/ч в год. Экономия составляет 1 985,4 кВт/ч в год на 1 единицу техники.

*Список литературы*

1. Идельчик В. И. Электрические сети и системы. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
2. Инструкция по расчету и анализу технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и объединений (И 34-70-030-87). – М.: Союзтехэнерго, 1987. – 35 с.
3. Ершевич В. В., Зейлигер А. Н., Илларионов Г. А. и др. Справочник по проектированию электрических систем / Под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоиздат, 1985. – 352 с.

*Ulyanova Alina Sergeevna, student*

*(ulyanova5270@gmail.com)*

*Don State Technical University*

*This article discusses the energy saving of an industrial enterprise*

*Keywords: power supply, enterprise, electricity.*

**ENERGY SAVING OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

*To achieve energy efficiency, it is first necessary to analyze the fuel and energy costs of the enterprise. Based on the data obtained, to develop an energy saving program to reduce the expenditure of budget funds on energy resources.*

*Keywords: energy saving, energy efficiency, LEDs, economy, energy-saving technologies.*

**СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ  
В ЭЛЕКТРОСИСТЕМАХ**

*Ульянова Алина Сергеевна, студент*

*(ulyanova5270@gmail.com)*

*Донской государственный технический университет*

*В статье рассматриваются актуальные вопросы о способах регулирования частоты в различных судовых системах.*

*Ключевые слова: автоматизация; частота; регулирование; электропривод.*

## 1. Первичное регулирование частоты

Первичное регулирование частоты в системе – это процесс регулирования текущих отклонений частоты в нормальном режиме работы системы, заключающийся в одновременном изменении мощностей генераторов и потребителей системы с целью восстановления исходного значения частоты. Поскольку первичное регулирование частоты осуществляют с помощью регуляторов скорости со статическими характеристиками, то даже при сильном нарушении баланса активных мощностей, но вызывая изменение частоты на величину большую, чем значение нечувствительности, система АРС (автоматическое регулирование скорости) не может обеспечить возвращение в электрической системе уровня номинальной частоты. С помощью статических характеристик рассмотрим суть первичного регулирования частоты (рис. 1).

На рис. 1 приведены зависимости СПГ с номером 1 для случая, когда турбоагрегат имеет АРС и с номером 2 для случая когда турбоагрегат не имеет устройства регулирования скорости. Нагрузки в системе уменьшились и новый баланс активных мощностей состоялся при частоте  $f_1$  (есть АРС) и частоте  $f_2$  (нет АРС). Из рис. 1 вытекает, что система АРС турбины обеспечивает меньшее отклонение от номинального значения. То есть  $Df=f_2-f_1$  как раз обеспечивает система АРС турбоагрегата. Из анализа рис. 1 также следует, что первичное регулирование частоты в системе при использовании регуляторов скорости турбин со статическими характеристиками не может обеспечить поддержания уровня номинальной частоты. Чтобы выполнить это требование, используют вторичное регулирование частоты.

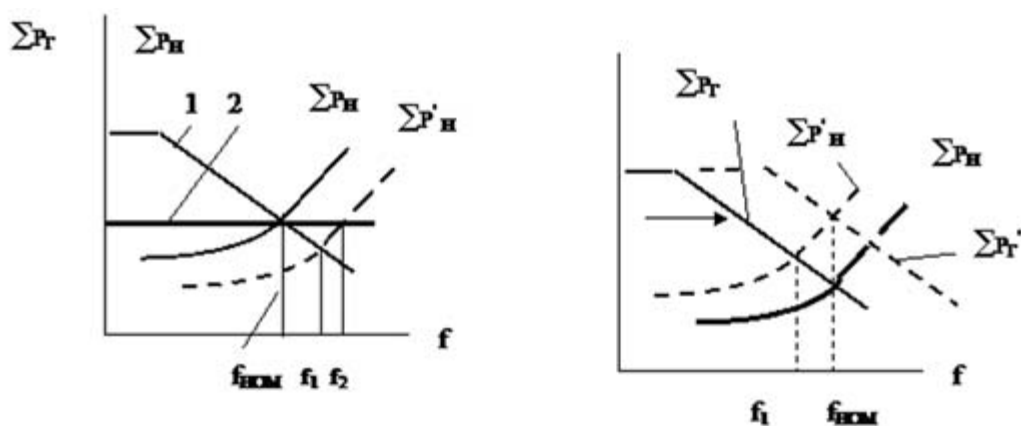


Рисунок 1. Зависимости СПГ

## 2. Вторичное регулирование частоты

Суть процесса вторичного регулирования частоты рассмотрим с помощью рис. 2. Теперь допустим, что в электрической системе увеличивается активная нагрузка потребителей, что обуславливает перемещение частотной характеристики нагрузки  $\Sigma P_H$  в положение  $\Sigma P_H'$ . Частота в электрической

ской системе снижается до уровня  $f_1$ . Для вторичного регулирования частоты выходную статическую характеристику турбоагрегата смещают параллельно самой себе (искусственно увеличивают упуск энергоносителя в турбину) до тех пор, пока она займет положение  $SPГ'$ , что соответствует уровню номинальной частоты в электрической системе.

Функции вторичного регулирования частоты в системе реализуются с помощью автоматических систем регулирования частоты АРЧ, основой которых является реле частоты. Реле частоты реагирует на отклонения частоты в электрической системе и воздействует на механизм управления турбиной через двигатель постоянного тока.

### 3. Третичное регулирование частоты

Суть последнего заключается в том, что с помощью системы автоматического распределения нагрузки (АРН) оптимально распределяется между генераторами. Критерием оптимальности является минимум расхода топлива на электростанциях электрической системы.

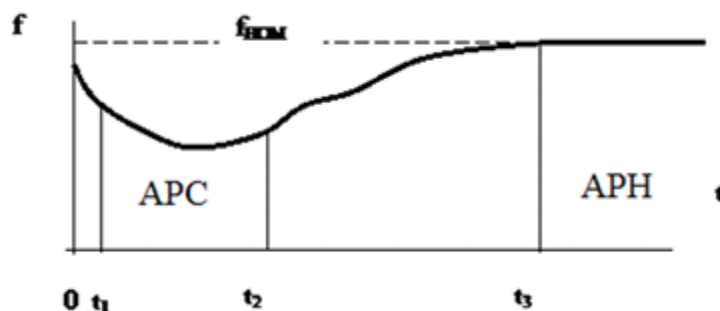


Рисунок 2. Вторичное регулирование частоты

На рис. 2 приведена зависимость изменения частоты в электрической системе с помощью АРС, АРЧ.

Зона  $0-t_1$  – зона нечувствительности,  $t_1-t_2$  – зона действия АРС (первичное регулирование частоты);  $t_2-t_3$  – зона действия АРЧ (вторичное регулирование частоты);  $t > t_3$  – зона действия АРН (третичное регулирование частоты).

### 4. Регулирование частоты в электрической системе с помощью частотно-регулирующих станций

В первичном регулировании частоты участвуют все электрические станции системы, в вторичном – одна или несколько частотно регулирующих станций. Остальные станции, что не регулируют частоту, поддерживают постоянные нагрузки. При отклонении частоты в системе и наличии резерва мощности на регулирующих станциях как не регулирующие, так и частотно-регулирующие станции осуществляют первичное регулирование частоты.

### 5. Регулирование частоты в послеаварийных режимах работы электрических систем. Автоматическое частотное разгрузки

При значительном дисбалансе активных мощностей в электрической системе, когда будут исчерпаны возможности первичного и вторичного регулирования частоты и будет использован весь резерв генерирующих мощностей, частота резко снижается вплоть до критического значения 45-46 Гц. При этом значении частоты агрегатов собственных нужд электрических станций снижается практически до нуля.

Чтобы предотвратить возникновение явления лавины частоты в электрической системе, нужно за помощью против аварийной автоматики не допустить глубокого снижения частоты и обеспечить восстановление частоты до номинального значения. Эта задача решается посредством системной автоматики автоматической частотной разгрузки (АЧР).

Суть действия АЧР в том, что АВР обеспечивает отключение части потребителей электрической системы с целью обеспечения большинства потребителей, которые остаются в работе, электроэнергией частоты 50 Гц, то есть стандартного качества.

Систему АВР разделяют на две категории: АЧР1, целью которой является не допустить лавины частоты и обеспечить ее восстановление; АЧР2, целью которой является обеспечение роста частоты, если после работы АЧР1 и после роста частоты она "зависает" на одном уровне.

АЧР 1 имеет несколько очередей, которые отличаются друг от друга только уставками по частоте. Верхняя уставка по частоте близка к 48.5 Гц, а ниже больше 46.5 Гц. Для всех очередей взята единую уставку по времени, что равняется 0,1 0,15 сек. АЧР2 имеет очереди, которые отличаются друг от друга только уставками по времени. Интервал между соседними очередями взят такой, что равен 3 сек. Начальная вставка по времени равна 5 10 с, конечная – 60-70 сек. Для всех очередей взята единую уставку по частоте 48,5 Гц.

#### *Список литературы*

1. Богословский А.П и др. Судовой электропривод т.1 и т.2 / А.П.Богословский, Е.М.Певзнер, И.Р.Фрейдзон, А.Г.Яуре – М: Судостроение,1975. – 423 с.
2. Неелов А.Н. РД 31.21.30-97 Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций/ А.Н.Неелов, А.С. Брикер, Б.М.Левин, А.Ю.Смольник, В.А.Сорокин, В.Д.Филимонов – ЗАО «ЦНИИМФ», 1997. – 343 с.

*Ulyanova Alina Sergeevna, student*

*(ulyanova5270@gmail.com)*

*Don State Technical University*

#### **METHODS OF FREQUENCY CONTROL IN ELECTRICAL SYSTEMS**

*The article deals with topical issues about the methods of frequency regulation in various ship systems.*

*Keywords: automation; frequency; regulation; electric drive*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ И ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ**

*Фальков Георгий Александрович, аспирант*

*Попов Сергей Александрович, аспирант*

*Горлов Александр Семенович, к.т.н. доцент*

*БГТУ им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

*В данной статье проведен краткий сравнительный анализ преобразования Фурье и вейвлет-преобразования для анализа качества электроэнергии в сети. Определено, что вейвлет-преобразование имеет ряд преимуществ перед преобразованием Фурье.*

*Ключевые слова: преобразование Фурье, вейвлет-преобразование, качество электроэнергии.*

Качество электроэнергии в сети является важным параметром для энергетических систем. Качество электроэнергии может быть оценено с помощью различных методов, таких как преобразование Фурье и вейвлет-преобразование [1, 2].

Преобразование Фурье позволяет разложить любой периодический сигнал на составляющие с различными частотами. Полученный спектр может быть использован для анализа качества электроэнергии, определения гармонических составляющих сигнала, а также для обнаружения нелинейных искажений [5].

Однако, Фурье-преобразование имеет недостатки при обработке нестационарных сигналов, когда резко меняются амплитуда, частота или фаза сигнала. В этом случае более эффективно применение вейвлет-преобразования.

При применении вейвлет-преобразования для анализа качества электроэнергии в сети, сигнал электроэнергии разбивается на различные частотные компоненты и анализируется по отдельности. К примеру, это позволяет выявлять проблемы в искажении формы сигнала [4].

Кроме того, вейвлет-преобразование позволяет выявлять не только кратковременные искажения, но и длительные перерывы в поставке электроэнергии. Это делает этот метод особенно полезным для мониторинга качества электроэнергии в сети.

Ключевым преимуществом вейвлет-преобразования является его способность к адаптивному разложению сигнала. Это означает, что метод может анализировать сигналы с различными частотными характеристиками и адаптироваться к меняющимся условиям работы сети.

В целом, вейвлет-преобразование является очень эффективным методом для анализа качества электроэнергии в сети. Он может быть использован для выявления различных проблем, связанных с электроэнергией, и обеспечивает высокую точность и адаптивность в решении этих проблем.

Наиболее популярной сравнительной программой при анализе преобразования Фурье и вейвлет-преобразования является MatLab Simulink.

MatLab Simulink – это графический инструмент для моделирования, анализа и симуляции динамических систем. Этот инструмент обладает мощной функциональностью для анализа преобразования Фурье и вейвлет-преобразования, что делает его полезным для решения широкого круга задач, связанных с обработкой сигналов.

Для анализа сигналов в MatLab Simulink используются специализированные блоки. MatLab Simulink также обладает возможностью создания пользовательских скриптов и функций, что упрощает повторное использование кода. Это особенно полезно для анализа больших объемов данных.

Таким образом, MatLab Simulink является популярным инструментом при анализе преобразования Фурье и вейвлет-преобразования.

Сравнительный анализ результатов применения преобразования Фурье и вейвлет-преобразований показал, что каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. Фурье-преобразование эффективно при анализе стационарных сигналов с постоянной частотой, в то время как вейвлет-преобразование обладает большей чувствительностью к изменениям частоты сигнала во времени.

Благодаря вейвлет-преобразованию, электроэнергетические компании и другие организации могут улучшить эффективность работы своих систем и повысить общее качество электрической энергии для конечных пользователей [3, 6].

#### *Список литературы*

1. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.

2. ГОСТ Р 54130-2010. Качество электрической энергии. Термины и определения. – Введ. 2010–11–21. М.: Стандартинформ, 2012. 96 с.

3. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 15 апреля 2014 г. № 321; в ред. постановления Правительства Рос. Федерации от 30 марта 2018 г. № 371 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2018. № 15 (часть III), ст. 2138. С. 6673–6760.

4. Долингер С.Ю., Лютаревич А.Г. Применение вейвлет-анализа для определения показателей качества электрической энергии // Омский научный вестник. 2010. № 1 (87). С. 136–140.

5. Елисеева В. В., Картузова Т. В., Чернышев И. В. Применение преобразования Фурье к задачам электроэнергетики // Математические модели и их приложения. – 2010. – С. 363-370.

6. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р; в ред. постановления Правительства Рос. Федерации от 29 ноября 2017 г. № 2664-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2017. № 49, ст. 7526. С. 21027–21029.

*Falkov Georgy Alexandrovich, postgraduate student*

*Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia*

*Popov Sergey Alexandrovich, postgraduate student*

*Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia*

*Gorlov Alexander Semyonovich, Cand.Tech.Sci., associate professor*

*Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia*

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FOURIER TRANSFORM AND THE WAVELET TRANSFORM FOR ANALYZING THE QUALITY OF ELECTRICITY IN THE NETWORK**

**Abstract.** *In this article, a brief comparative analysis of the Fourier transform and the wavelet transform for analyzing the quality of electricity in the network is carried out. It is determined that the wavelet transform has a number of advantages over the Fourier transform.*

**Keywords:** *Fourier transform, wavelet transform, power quality.*

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-РОТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ**

**Федорович Дмитрий Игоревич, студент**

*(e-mail: adik0966@mail.ru)*

**Сафронов Руслан Игоревич, к.т.н., доцент**

*(e-mail: russafronov@yandex.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*Рассмотрено устройство и принцип работы дизель-роторного источника бесперебойного питания. Рассмотрен вариант применения данного типа установок в качестве устройства, повышающего качество и надежность электроснабжения сельскохозяйственных объектов.*

*Ключевые слова: дизель-роторный источник бесперебойного питания, источник бесперебойного питания, резервирование, коэффициент мощности, кинетический накопитель.*

**Введение.** Современное сельское хозяйство является высокотехнологической отраслью, в которой используется дорогостоящее технологическое оборудование и высокопродуктивные породы животных. Многие технологические процессы являются непрерывными и в случае перерывов электроснабжения предприятия терпят огромные убытки.

Поэтому современные животноводческие комплексы и перерабатывающие предприятия проектируются по первой категории надежности электроснабжения с резервным источником питания.

В качестве источника резервного питания обычно используют дизель-генераторные установки или источники бесперебойного питания.

Энергетической стратегией РФ предусматривается внедрение дополнительных источников энергии, повышающих надежность энергетических систем.

Поэтому задачи по реализации резервирования электроснабжения, а также применение технических средств повышения надежности электроснабжения становятся особенно актуальным.

**Цель.** Рассмотреть возможность применения дизель-роторных источников бесперебойного питания для повышения надежности электроснабжения производственных объектов АПК.

**Материалы и методика исследований.** Проведен анализ и синтез конструкции и принципа работы дизель-роторных источников бесперебойного питания.

**Результаты исследования.** Использование традиционных источников бесперебойного питания с резервированием электроснабжения дизель-генераторными установками (ДГУ) не всегда является оптимальным вариантом. Такие системы резервного электроснабжения, требуют поддержки определенных климатических параметров в помещениях с аккумуляторными батареями, и их периодического обслуживания и замены по истечении срока эксплуатации.

Оптимальным решением этой задачи является применение дизель-роторных источников бесперебойного питания (ДРИБП) с кинетическими аккумуляторами (рис. 1).

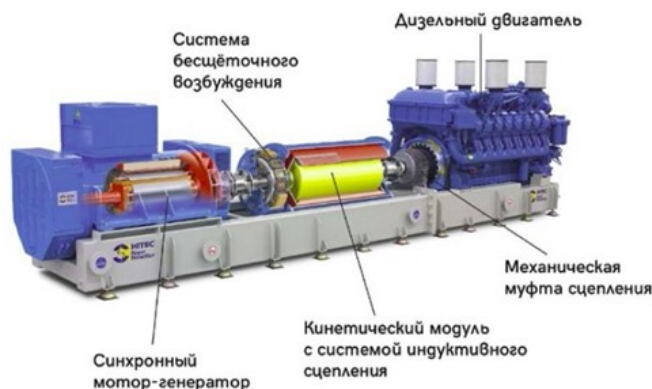


Рисунок 1 – внешний вид ДРИБП

Электрическая энергия, передаваемая сельскими электрическими сетями, не всегда соответствует нормативным показателям качества, проходя через дроссель, питает синхронный генератор, работающий в двигательном режиме, от которого запитываются ответственные потребители. Вал генератора переменного тока вращается с частотой  $1500 \text{ мин}^{-1}$ . В нормальном режиме работы синхронный генератор выполняет функцию как стабилизатора, так и фильтра напряжения: устраняет гармонические искажения и короткие перебои электроснабжения (до 50 мс), импульсы помех, сглаживает скачки и провалы напряжения питающей сети. Благодаря этому

частота и амплитуда выходного напряжения, подаваемого к потребителю, неизменно стабильны.

Совместно с синхронной машиной вращается аккумулятор кинетической энергии, состоящий из двух роторов: внутреннего и внешнего. Внутренний ротор вращается с той же частотой, что и синхронный генератор -  $1500 \text{ мин}^{-1}$ , внешний – около  $4500 \text{ мин}^{-1}$  (относительно внутреннего – те же  $1500 \text{ мин}^{-1}$ ). При этом обмотка постоянного тока внутреннего ротора и короткозамкнутая обмотка внешнего ротора вступают в электромагнитное взаимодействие.

Аккумулятор кинетической энергии в номинальном режиме работы системы накапливает энергию. При кратковременном (в течение 5 с) отключении внешнего электроснабжения или выхода его параметров за допустимые пределы синхронный генератор продолжает вращаться и вырабатывать напряжение за счет передачи ему механической энергии от кинематического аккумулятора. Магнитное поле внутреннего ротора кинетического модуля снижает частоту вращения внешнего ротора и при помощи электронного блока управления автоматически поддерживает частоту синхронного генератора на уровне  $1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Если отключение напряжения происходит на более длительный период, или его номинальное значение изменяется больше, чем на 10%, то автоматически запускается дизельный двигатель. Входной выключатель при этом размыкается, и синхронная электрическая машина из двигательного режима переходит в генераторный. Блок управления в этот момент модулирует индуктивную связь между валом генератора и ротором кинетического аккумулятора, который поддерживает время автономной работы генератора до запуска дизеля.

Во время этой паузы (около 5 с.) срабатывает электромагнитное сцепление, обеспечивающее соединение дизельного двигателя и генератора (продолжительность переключения составляет не более 1 сек). Дизельный двигатель выдает оптимальные для системы обороты ( $1500 \text{ мин}^{-1}$ ) и передает крутящий момент синхронному генератору. Кинетический аккумулятор начинает накапливать энергию, возвращаясь к  $4500 \text{ мин}^{-1}$ . Когда подача напряжения от сети восстанавливается, синхронный генератор переходит обратно в двигательный режим.

При нормальном режиме работы ДРИБП (99,9% рабочего времени), система выполняет следующие функции:

1. Устранение перебоев электроснабжения длительностью до 50 мс, при 100% нагрузке, без запуска дизеля.
2. При отклонении напряжения система управления стабилизирует напряжение, воздействуя на ток возбуждения синхронного генератора.
3. Улучшение коэффициента мощности. Потребление нагрузкой всей реактивной мощности при перевозбуждении синхронного генератора.

4. Фильтрация переходных процессов. При возникновении гармонических колебаний система «индуктивность - синхронный генератор» делит схему и нагрузку.

Обеспечивая данные функции по повышению качества электроснабжения, система работает с высоким КПД (0,93...0,99): фактически, потребляемая нагрузкой активная мощность не проходит через синхронный генератор, который работает как автономный электродвигатель. Электрическая машина получает энергию от сети, поддерживая вращение роторного накопителя.

**Вывод.** Рассмотрев конструкцию и принцип работы ДРИБП можно рекомендовать данные устройства в качестве резервных источников электроснабжения сельскохозяйственных предприятий, а также в качестве устройств компенсации реактивной мощности.

*Список литературы*

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П. Влияние предельных значений изменений напряжения на работу электрооборудования // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 12-15.

2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калуцкий Е.С. Анализ влияния предельных нормативных значений медленных изменений напряжения // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 20-23.

3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Сафронов Р.И. Компьютерное моделирование процессов поддержания симметрии напряжений в электрических сетях // В сборнике: Электроэнергетика сегодня и завтра. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 52-55.

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И. Влияние изменений напряжения электрической сети на работу электротермических установок // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 24-27.

5. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Использование нечетких нейронных сетей для изучения процессов старения изоляции кабельных линий // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 208-213.

6. Бирюлин В.И., Серебровский В.И., Сафронов Р.И., Гнездилова Ю.П. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 126-131.

7. Волошин В.В., Никулин А.Ю., Сафронов Р.И. Применение дизель-роторных источников бесперебойного питания для резервного электроснабжения объектов АПК // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 3-7.

8. Новиков Н.А., Ярыгин С.В., Дроздов А.И., Сафронов Р.И. Влияние несимметрии питающего напряжения на выход из строя асинхронных электродвигателей // В сбор-

нике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 107-111.

9. Сафронов Р.И., Хомяков Д.С. Проблема и специфика электроснабжения сельского хозяйства // В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. Материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 406-409.

10. Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кВ // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

11. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

12. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

13. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

14. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

15. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

**Safronov Ruslan Igorevich, Cand.Tech.Sci., associate professor**

(e-mail: russafronov@yandex.ru)

**Fedorovich Dmitry Igorevich, student**

(e-mail: adik0966@mail.ru)

*Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanova, Kursk, Russia*

## **INCREASING THE QUALITY AND RELIABILITY OF POWER SUPPLY TO AIC FACILITIES THROUGH THE USE OF DIESEL-ROTOR UNINTERRUPTIBLE POWER SOURCES**

**Abstract.** *The device and principle of operation of a diesel rotary uninterruptible power supply are considered. A variant of using this type of installation as a device that improves the quality and reliability of power supply to agricultural facilities is considered.*

**Keywords:** *diesel rotary uninterruptible power supply, uninterruptible power supply, redundancy, power factor, kinetic storage.*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПАРАМЕТРЫ КОНДЕНСАТОРОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Филина Анна Владимировна, к.т.н., доцент*

*(e-mail: anvlf@mail.ru)*

*Демкин Артем Олегович, студент*

*Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева*

*В статье рассматривается поведение конденсаторов разных типов при воздействии температуры.*

*Ключевые слова: конденсаторы, воздействие температуры, изменение емкости, низкочастотные сети*

Керамические конденсаторы – особый вид конденсатора, где в качестве диэлектрика выступает керамический материал и такие конденсаторы с керамическим диэлектриком имеют ряд преимуществ по сравнению с другими: низкое старение – поскольку в качестве диэлектрика выступает керамика, температура, влага, вибрация практически не оказывает вредоносного эффекта; отсутствие полярности; малые габариты.

Не смотря на все преимущества данные виды конденсаторов, также имеют существенный недостаток:

- малая емкость – данный вид конденсаторов ограничен ёмкостью 100 мФ, но конденсаторы предельной емкости встречаются крайне редко и их цена завышена, фактически же в продаже встречаются керамические конденсаторы емкостью в 10 мФ;

- высокое влияние температуры, где емкость керамических конденсаторов наиболее подвержена изменению.

Керамические конденсаторы используются в приборах повышенной точности, вычислительных приборах, кроме того они являются неотъемлемой частью материнских плат.

Стеклянные конденсаторы предназначены для уменьшения затрат в процессе производства.

Данный вид конденсаторов по своим характеристикам и технологией производства схож с керамическими с той разницей, что в качестве диэлектрика выступает стекло, вследствие с чем он имеет ряд плюсов: меньшая цена; температура, при которой обжигается диэлектрик меньше температуры керамики, что позволяет использовать в качестве проводников менее редкие металлы (Al, Ag); устойчивость к внешним воздействиям – эту характеристику конденсатор унаследовал от керамических, поскольку вибрация, влага и загрязнения оказывают малое воздействие на процесс старения; отсутствие полярности [1].

С заменой керамического диэлектрика на стеклянный, появились новые недостатки, к которым относится, в первую очередь, хрупкость диэлектрика. К сожалению, конденсатор устроен так, что при появлении дефекта на

диэлектрике место дефекта начинает разогреваться с невероятной скоростью, что в конечном итоге, приводит к пробое диэлектрика. Помимо этого стеклянные конденсаторы имеют малую емкость, которую на сегодняшний день увеличить невозможно. Помимо этого в конденсаторах этого типа возникает эффект микрофонии, который отрицательно сказывается на работе компонентов установленных в непосредственной близости от конденсатора.

Стеклянные конденсаторы применяются в медицинском и измерительном оборудовании, кроме того стеклянные конденсаторы применяются в приборах работающих в импульсном режиме, что обеспечивает дешевизну и точность устройства.

Слюдяные конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего тока и получили широкую распространённость из-за более простой технологии производства - не требуется обжиг, в соответствии, с чем эти конденсаторы также имеют ряд преимуществ, к которым относится высокая емкость за счет высокой диэлектрической проницаемости среды, а также простота изготовления, малые потери емкости, работа под большим напряжением [2].

Несмотря на все преимущества конденсаторы этого типа, имеют ряд недостатков, в частности, зависимость емкости от силы тока, что существенно снижает область применения данных конденсаторов. Помимо этого слюдяные конденсаторы имеют большие габариты за счет использования слюды в качестве диэлектрика, а также у данных конденсаторов большая масса. Самым же главным недостатком является сама слюда, которая при воздействии электрического поля меняет емкость.

На сегодняшний день данный вид конденсаторов считается устаревшим из-за слишком непредсказуемого поведения. Ранее широко применялся в колебательных контурах. На сегодняшний день керамические конденсаторы полностью вытеснили слюдяные.

В бумажных конденсаторах в качестве диэлектрика выступает бумага, находящаяся между двумя проводниками. Бумага же, в свою очередь, сворачивается в рулон. Зачастую используется несколько слоев бумаги, что позволяет увеличить емкость конденсатора.

Данный вид конденсатора наиболее простой и имеет ряд положительных свойств, из которых является работа при высоком напряжении. Данный конденсатор имеет очень интересную особенность, в частности, самовосстановление, в результате чего возле точки пробоя ток начинает разогревать металлическую пленку, под действием температуры метал начинает плавиться и испаряться, в результате чего снова образуется диэлектрик. Также данный конденсатор способен работать под большим пульсирующим током.

Данный вид конденсаторов имеет целый ряд недостатков, к которым, в первую очередь, относится низкая влагостойкость и в результате при воздействии воды конденсатор быстро изменяет свои характеристики.

Также бумажный конденсатор один из самых больших, поскольку огромное количество слоев довольно толстого диэлектрика невозможно свести к современным требованиям миниатюризации. В заключении стоит отметить, что данный конденсатор наиболее подвержен старению, не зависимо от того, использовался конденсатор или нет. Со временем его емкость возрастает в два раза и данный конденсатор становится нагрузкой, поскольку его сопротивление возрастает.

Данный вид конденсаторов широко применялся во всех устройствах выпускаемых ранее, однако появление новых материалов диэлектрика привело к полной замене на более совершенный аналог – пленочный конденсатор [3].

Пленочные конденсаторы – вид конденсаторов, где в качестве диэлектрика используется пленка, наложенная в несколько слоев, к которым подсоединены два проводника. Для размещения в корпус пленка сворачивается в рулон. Данный вид конденсаторов это прямой потомок бумажных конденсаторов с тем лишь отличием, что в качестве диэлектрика используются разные виды пленок, изготовленных из разных материалов [3].

Характеристики данного типа конденсаторов варьируются от материала используемого диэлектрик, но при этом все они имеют ряд отличительных свойств: самовосстановление – как и бумажные конденсаторы пленочные также склонны к процессу самовосстановления; надежность – данный вид конденсаторов наименее подвержен процессу старения; устойчивость к высокому напряжению – некоторые виды пленочных конденсаторов имеют до Уном в диапазоне до нескольких кВ; отсутствие микрофонии; низкая цена производства; простота производства; возможны импульсы тока высокого перенапряжения; отсутствие полярности.

Минусами пленочных конденсаторов являются: габариты – современные технологии производства пленочных конденсаторов позволяют производить диэлектрик с толщиной 0,6 мкм и, не смотря на это, общие габариты данных конденсаторов неизменно остаются большими; ограниченное количество (SMT) типов – из-за больших размеров данный вид конденсаторов менее всего подходит для поверхностного монтажа; вероятность воспламенения в условиях перегрузки.

На сегодняшний день конденсаторы этого типа получили широкую область применения за счет своей надежности и отказоустойчивости, однако их размеры не позволяют применять в устройствах малых размеров. Пленочные конденсаторы широко применяются в устройствах радиолюбителей, благодаря высокой устойчивости конденсаторы этого вида применяются в устройствах, работающих при экстремальных условиях, в частности при высокой температуре, высоком напряжении и в устройствах, функционирующих в условиях с высоким шансом внутреннего загрязнения.

В электролитических конденсаторах в качестве диэлектрика используется оксид металла, который образуется электролитическим путем при подаче напряжения. Электролитические конденсаторы являются самыми

распространенными видами конденсаторов, в частности благодаря своей емкости и имеют ряд преимуществ по сравнению с другими видами: емкость – электролитические конденсаторы имеют самую большую емкость, начиная от нескольких пикофард и заканчивая несколькими тысячами фард; компактность – при огромной емкости данный конденсатор имеет малые габариты; цена изготовления.

Емкость является основной особенностью данного вида конденсатора, но он также имеет ряд существенных недостатков: старение – данный вид конденсаторов наиболее часто подвержен процессу старения причем даже не в используемом состоянии, это связано с нарушением герметичности, вследствие чего электролит находящейся внутри конденсатора начинает высыхать; наличие полярности – данный вид конденсаторов имеет полярность, при нарушении которой приводит к разрушению диэлектрика и образованию газа накопление, которого в конечном итоге приводит к взрыву; эффект микрофоники.

Электролитический конденсатор используется повсеместно практически во всех устройствах, он может применяться в низкочастотных сетях для сглаживания высокоамплитудных сигналов, а также он может использоваться в звуковых устройствах в качестве разделителя пульсирующего тока и в качестве ионизатора, по сути, выполняя роль низко частотного источника питания.

Таким образом, в зависимости от разного типа диэлектрика, емкость конденсаторов в зависимости от разных условий должна изменяться в соответствии с температурой, оказывающей воздействие на конденсатор. Причем изменение емкости напрямую зависит от типа конденсатора.

#### *Список литературы*

1. Филина, А.В. Электротехнические материалы как средство повышения эффективности работы электрооборудования / А.В. Филина, А.А. Носовец // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2019. – С. 205 – 208.
2. Иванова, Н. Ю. Электрорадиоэлементы: электрические конденсаторы: учеб. пособие / Н. Ю. Иванова, И.Э. Комарова, И.Б. Бондаренко, – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. –94 с.
3. Костыгова, Т. В. Основы конденсаторной техники: учеб. пособие / Т. В. Костыгова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2017. – 207 с.3.

***Filina Anna Vladimirovna, Cand.Tech.Sci., associate professor***

*(e-mail: anvlf@mail.ru)*

*Oryol State University named after I.S. Turgenev*

*Southwest state university, Kursk, Russia*

***Demkin Artem Olegovich, student***

*Oryol State University named after I.S. Turgenev*

## **INFLUENCE OF FREQUENCY CHANGES AND TEMPERATURE INFLUENCES ON THE PARAMETERS OF CAPACITORS**

***Abstract.*** *The article discusses the behavior of different types of capacitors when exposed to temperature.*

***Keywords:*** *capacitors, temperature effect, capacitance change, low-frequency networks*

**ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР НА БИОТОПЛИВЕ***Хабиров Фидан Фазитович, аспирант**(fidan.20@mail.ru)**Вохмин Вячеслав Сергеевич, канд. техн. наук, доцент**(V\_Vohmin@mail.ru)**Сарварова Рушания Венеровна, магистр**(raushaniya.sarvarova@mail.ru)**Башкирский государственный аграрный университет*

*В данной статье рассматривается возможность применения термоэлектрического генератора для утилизации тепловых потерь в теплообменном аппарате работающего на биогазовом топливе, для получения от термоэлектрического генератора электрической энергии, которую можно использовать для электроснабжения потребителей. Водонагреватель на биогазовом топливе с термоэлектрическим генератором способствует уменьшению тепловых потерь вместе с уходящими газами в водонагревателе и способствует энергосбережению за счет утилизации потерь тепловой энергии вместе с уходящими газами.*

*Ключевые слова: термоэлектрический генератор, биогаз, теплообменник, термоэлектрический модуль, уходящие газы, разность температур.*

**Введение.**

В настоящее время имеется много органических отходов различных животноводческих и птицеводческих комплексов, в том числе хозяйств, которые просто выбрасываются на полигоны и загрязняют окружающую среду. Для утилизации органических отходов животных и птиц, возможно применить биогазовую установку для переработки органических отходов животных и птиц.

Биогазовые технологические комплексы являются одними из основных направлений возобновляемой энергетики, применение которых обеспечивает различным предприятиям частичное решение не только энергетических задач, но в том числе экологических и экономических задач предприятий.

После образования биогаза в биогазовых установках, его в основном используют для нагревания теплоносителя. Примером такого нагревателя может служить газовый водонагреватель, в которых вместо газа сжигается биогаз, нагревая в теплообменнике теплоноситель, который можно использовать для нагрева субстрата в биогазовой установке, либо использовать для ГВС.

В результате сжигания биогаза образуются продукты сгорания которые имеют высокую температуру, они полностью не передают свою теплоту теплообменнику при нагревании теплоносителя, и испаряются в атмосфере. Эти тепловые потери можно утилизировать, используя термоэлектрический генератор (ТЭГ), который за счет разности температур между сто-

ронами термоэлектрических модулей (ТЭМ), где одна из сторон будет нагреваться за счет уходящих газов, а другая сторона охлаждаться за счет поступающей холодной воды будет образовываться термо-ЭДС, которое возможно полезно использовать, например, для освещения и т.д.

Газовый водонагреватель, в котором вместо газа будет использоваться биогаз и будут установлены термоэлектрические модули представлена на рисунке 1.

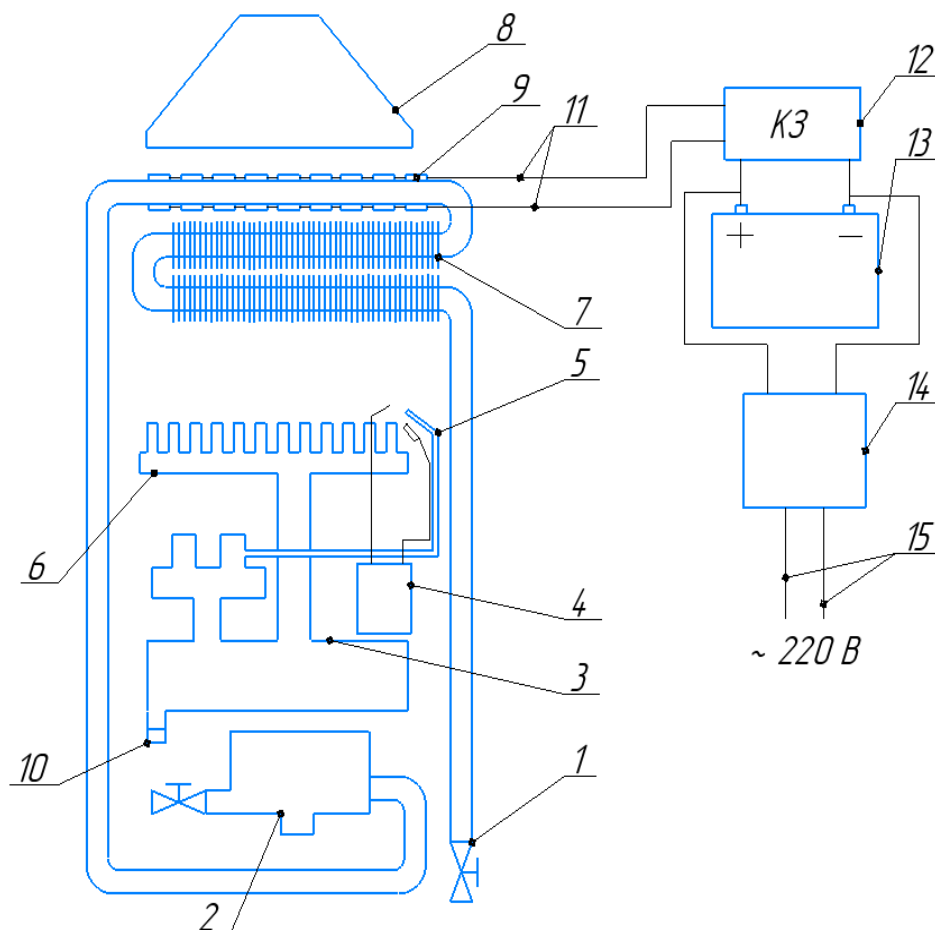


Рисунок 1 Водонагреватель на биогазовом топливе с термоэлектрическим генератором: 1 – кран ГВС; 2 – водяная арматура; 3 - клапан подачи газа; 4 – пьезоэлемент; 5 – запальник; 6 – основная горелка; 7 – теплообменник; 8 – вытяжной колпак; 9 – термоэлектрический модуль; 10 – трубопровод подачи биогаза; 11 - положительные и отрицательные провода ТЭГ; 12 – контроллер заряда; 13 – аккумуляторная батарея; 14 – инвертор; 15 – провода переменного напряжения 220 В.

Работает водонагреватель на биогазовом топливе с термоэлектрическим генератором следующим образом. Биогаз подается трубопроводом подачи биогаза 10, после чего клапан подачи газа 3 подает на горелку 6, где поджигается пьезоэлементом 4 и запальником 5, после того как зажглась горелка начинается нагрев водяного теплообменника 7 за счет горения биогаза, для полноценного использования уходящих газов, температура которых составляет в месте установки ТЭГ 120...140 °С, проходит через ТЭГ

состоящего из термоэлектрических модулей 9, и нагревает одну из сторон ТЭМ, а другая сторона ТЭМ охлаждается за счет поступающей в теплообменник охлажденной воды, температура которой находится в пределах 5...20 °С, после теплообменника вода нагревается и её можно использовать для собственных нужд через кран 1, горячие газы же после ТЭГ поступают в вытяжной колпак и удаляются в окружающую среду. За счет теплоты продуктов сгорания биогаза в ТЭГ, мы получаем термо-ЭДС, которая по проводам 11 поступает в контроллер заряда (КЗ), накапливается в АКБ 13. После АКБ постоянный ток поступает на инвертор 14, после которого получаем переменное напряжение по проводам 15 которое возможно использовать для собственных нужд, например для освещения [1, 4, 6].

Для оценки работы термоэлектрических модулей (ТЭМ) определили температуру внутри водонагревателя. По температуре уходящих газов выбрали ТЭМ для ТЭГ в водонагреватель на биогазовом топливе, представленные в таблице 1 [6, 9].

Таблица 1 - Технические характеристики термоэлектрических модулей

Модель	Электрическая мощность, Вт	Напряжение питания, В	Размеры, мм	Сопротивление, Ом	Холодопроизводительность, Вт	Рабочая температура, °С
TEC1-12703	39	12	30x30x3,5	4,4	27	-50...+80
TEC1-12704	40	12	40x40x4	3,3	36	-55...+83
TEC1-12705	41	12		2,7	30	-55...+83
TEC1-12706	51,4	12		2,5	65	-55...+83
TEC1-12708	68,8	12		1,05	68,8	-50...+80
TEC1-12709	80,1	12		1,71	82	-55...+83
TEC1-12715	137	12	40x40x3,5	1,05	137	-30...+70
SP1848 27145 SA	-	12	40x40x4	-	-	-30...+120
TEP1-142T300	-	12	40x40x3,8	4,3	-	-40...+300

По техническим характеристикам термоэлектрических модулей в таблице 1 наиболее подходящий оказался ТЭМ TEP1-142T300 [6, 9].

Таблица 2 - Технические характеристики от производителя термоэлектрического модуля TEP1-142T300

Разница температур между верхней и нижней пластиной, °С	Напряжение разомкнутой цепи, В	Генерируемый ток, мА
40	2,2	390
60	3,6	489
80	4,8	569
100	6,0	658
120	7,2	759
140	8,4	969

Далее определили выходное напряжение при использовании ТЭМ TEP1-142T300 в термоэлектрическом генераторе, который будет установлен в

водонагреватель работающем на биогазовом топливе. Технические характеристики от производителя термоэлектрического модуля ТЕР1-142Т300 представлены в таблице 2 [6,9].

При температуре с горячей стороны 125 °С и холодной стороны 5 °С, получаем разницу температур в 120 °С. По данным таблицы 2 получим, что теоретически, при заданных параметрах получим выходное напряжение 7,2 В и ток 759 мА. По заданным техническим характеристикам можно собрать сборку из термоэлектрических модулей для термоэлектрического генератора для получения требуемого напряжения [6, 9].

**Вывод:** По результатам теоретического исследования и разработки конструкции термоэлектрического генератора на биотопливе получили:

1) Применение термоэлектрического генератора в водонагревателе работающем на биогазе возможно, так как для работы при температурах выше 100 °С существуют термоэлектрические модули, которые возможно применить и установить на теплообменнике водонагревателя.

2) При использовании наиболее одного термоэлектрического модуля ТЕР1-142Т300, возможно получить при перепаде температур в 120 °С выходное напряжение в 7,2 В и ток 759 мА.

3) Величина генерируемого термо-ЭДС, напрямую зависит от значения коэффициента Зеебека и количества термоэлектрических модулей, чем выше значения, тем выше показатели.

4) Применение ТЭГ в водонагревателе на биогазе целесообразно и актуально, в связи с полезным применением тепловой энергии дымовых газов, получение дополнительного источника электрической энергии, можно полезно использовать.

#### *Список литературы*

1. Виноградов, С.В. Проектирование термоэлектрического генератора, работающего от теплоты выхлопных газов судовых дизелей / С.В. Виноградов, М.М. Горбачёв, К.Р. Халыков // Вестник Астраханского государственного технического университета Серия: Морская техника и технология. 2010, № 1, - С. 89–94.

2. Гайнетдинов, Н.Н. Термоэлектрический генератор как автономный источник энергии для питания приборов учета контрольных точек тепловых сетей [Текст] / Н.Н. Гайнетдинов, В.С. Вохмин, Ф.Ф. Хабиров // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции в рамках 32-й Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2022» (Уфа, 23-24 марта 2022 г.) Башкирский ГАУ. – Уфа, 2022.

3. Саплин Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников : учебник для студентов / Саплин Л.А. [и др.]. – Челябинск: ЧГАУ, 2000. – 194 с.

4. Термоэлектрический генератор с принудительной системой охлаждения: пат. 2 755 980 Российская Федерация: МПК H01L 35/30. / Вохмин В.С., Хабиров Ф.Ф., заявитель и патентообладатель Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет; заявл. 01.10.2021; опубл. 23.09.2021, Бюл. № 27. – 8 с.

5. Хабиров, Ф.Ф. Обоснование применения термоэлектрического генератора в системе дымоотведения котельной [Текст] / Ф.Ф. Хабиров, В.С. Вохмин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3(32). – С. 285–292.

6. Хабиров, Ф.Ф. Разработка термоэлектрического генератора для слаботочных систем сельскохозяйственных предприятий [Текст] / Ф.Ф. Хабиров, В.С. Вохмин // АПК России. – 202. – № 4(29). – С. 490–499.

7. Цветков, Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену [Текст]: учебное пособие / Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко. – 3-е издание, стер. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. – 196 с.

8. Montecucco A, Siviter J, Knox AR. A combined heat and power system for solid-fuel stoves using thermoelectric generators. Energy Procedia 2015;75:597–602. [http://dx. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.462](http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.462).

9. Термоэлектрический генераторный модуль ТЕР1-142Т300. [Электронный ресурс]: Низкотемпературные генераторные модули. - Режим доступа: <https://solnechniisvet.ru/shop/peltie-elements/zeebek-element-tep1-142t300/> - 20.02.2023.

***Khabirov Fidan Fazitovich***, graduate student

*Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.*

***Vokhmin Vyacheslav Sergeevich***, associate professor of "Electric machines and electrical equipment"

*Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.*

*Sarvarova Rushaniya Venerovna*, master

*Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.*

#### **THERMOELECTRIC GENERATOR ON BIOFUEL**

***Abstract.*** This article discusses the possibility of using a thermoelectric generator for utilizing heat losses in a heat exchanger operating on biogas fuel, in order to obtain electrical energy from a thermoelectric generator, which can be used to supply consumers with electricity. A biogas water heater with a thermoelectric generator helps to reduce heat losses along with flue gases in the water heater and contributes to energy saving by utilizing thermal energy losses along with flue gases.

***Key words:*** thermoelectric generator, biogas, heat exchanger, thermoelectric module, flue gases, temperature difference.

## **О СИТУАЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ XXI ВЕКА**

***Хлопоткина Алла Константиновна***, студент

*(e-mail: alla.xop@mail.ru)*

*Томский политехнический университет, Томск, Россия*

***Кривова Людмила Владимировна***, к.т.н., доцент

*(e-mail: krivova.milla@gmail.com)*

*Санкт-Петербургский политехнический университет*

*имени Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия*

*В статье проанализирована возможность внедрения инновационных технологий в систему охлаждения силовых трансформаторов 110 кВ. Приведены основные подходы, даны сравнительные характеристики натурального, минерального и силиконового масел.*

***Ключевые слова:*** подстанция, силовой трансформатор, минеральное масло, биомасло, силиконовое масло, элегаз.

В современной энергетической отрасли выбор силового трансформатора является не самой простой задачей в связи с многообразием конструкций, предлагаемым рынком электротехнической продукции. А так как трансформаторы количественно являются одним из самых востребованных компонентов электроустановок, фактически рабочей лошадкой, то выбор наиболее выгодного с технико-экономической точки зрения вариант имеет особую важность [1].

Трансформаторы выпускаются на широкий диапазон классов напряжения, с различными материалами как для самих обмоток, так и их изоляции, а также с различными системами охлаждения.

Для модернизации подстанции 110/10 кВ, представленной на рисунке 1, был проведен подробный анализ нескольких вариантов двухобмоточных трансформаторов номинальной мощностью в диапазоне 32-40 МВА [2].

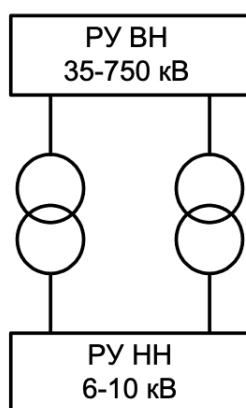


Рисунок 1. Принципиальная схема подстанции

По типу применяемого изолятора/охлаждителя, используемого в баке силового трансформатора в настоящее время каталоги производителей предлагают следующие варианты:

- трансформаторное масло,
- силиконовое масло,
- био (растительное) масло,
- элегаз.

Из опыта эксплуатации были собраны данные, характеризующие как температуру возгорания, так и срок разложения масла в случае его утечки и соответственно влияния на окружающую среду (Таблица 1) [3].

Таблица 1 - Сравнительные характеристики современных масел

Среда охлаждения	Точка горения, °С	Разлагаемость, %
Био масло	312-360	100 (на 97% за 21 день)
Силиконовое масло	330	5 (на 0% за 21 день)
Трансф масло	160	30 (на 25% за 21 день)

Элегаз является негорючим диэлектриком, при этом продукты его распада при коммутациях являются опасными для персонала. В связи с этим к трансформаторам с элегазовой изоляцией предъявляются особые требования с точки зрения вентиляции, что приводит к значительному удорожанию и усложнению эксплуатации. Особенно, принимая во внимание, что сами по себе элегазовые трансформаторы довольно дороги и производятся не так массово, как маслonaполненные. К тому же, по отзывам инженеров, которые имеют опыт работы с элегазовыми трансформаторами японского производства на подстанции «Сколково», их перегрузочная способность ниже маслonaполненных. Так как перегрузочная способность – один из важнейших критериев при выборе оборудования, то вполне ожидаемо, что элегазовые трансформаторы применяются ограниченно, в первую очередь для подземных подстанций или под высотными зданиями в силу пожаробезопасности.

Анализ таблицы 1 позволяет сделать однозначный вывод о целесообразности замены трансформаторного масла на растительное. Трансформаторы, заполненные биомаслом, уже широко применяются в европейских странах, США, Бразилии и на африканском континенте. Масло получают из сои, рапса, подсолнечника, кокоса и других масличных культур, наиболее приспособленных к быстрому росту в определенных географических условиях. Замечено, что в некоторых случаях даже довольно старые трансформаторы, модернизируемые заменой масла на растительное, позволяют улучшить эксплуатационные характеристики и продлить срок службы.

По своим смазочным свойствам растительные масла показывают более высокие характеристики, чем минеральное. Причем, кокосовое и рапсовое масла являются лучшими по своим качествам. Дополнительным преимуществом биомасла является его возобновляемость, в то время как минеральное масло зависит от ископаемого ресурса – нефти.

Согласно последним исследованиям, биомасло имеет некоторые ограничения к применению лишь при отрицательных значениях окружающей среды [4, 5]. Но данные препятствия могут быть преодолены использованием не чистого биомасла, а его смеси с минеральным в различных пропорциях. Из таблицы 2 видно, что смешивание традиционного трансформаторного масла и растительного позволило бы достичь более приемлемых показателей вязкости, что может в определенной степени расширить температурный диапазон использования.

Таблица 2 - Сравнительные характеристики современных масел

Среда охлаждения	Диэлектрическая прочность, кВ	Вязкость, сСт при 100 °С
Био масло	45	10
Силиконовое масло	43	16
Трансф масло	30	30

Высокая температура возгорания биомасла позволяет улучшить нагрузочные характеристики трансформатора, что ведет к большей экономической эффективности их использования.

В настоящее время в мире эксплуатируется более десяти тысяч силовых трансформаторов, заполненных биомаслом. В России в 2009 году была запатентована электроизоляционная жидкость на основе растительного масла, но производители силового оборудования пока не проявили к ней должный интерес [6].

*Список литературы*

1. Силовые трансформаторы. Справочная книга / под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М.: Энергоиздат, 2004.
2. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учебное пособие / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – 5-е изд., стер. – СПб.: БХВ – Петербург, 2014. – 608 с.
3. <https://library.e.abb.com/public/9ebd14f0eaa245be8174788ee1028486/Power%20Transformers.pdf>
4. Anikeeva M.A., Korobeynikov S.M. Study of stability against oxidation of rapeseed oil // J. of Engineering Thermophysics. 2016. – Т. 25, № 2.
5. Аникеева Н.А. Исследование характеристик растительных масел для высоковольтного маслonaполненного электрооборудования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Н.А. Аникеева [Электронный ресурс].
6. Пат. 2405223 РФ. Электроизоляционная жидкая композиция на основе растительного масла / Л.П.Менахин, Ю.В.Торшин, ВЛ.Шарковский. Приоритет от 01.09.2009.

**Hlopotkina Alla Konstantinovna**, student

(e-mail: [alla.xop@mail.ru](mailto:alla.xop@mail.ru))

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

**Krivova Lyudmila Vladimirovna**, Cand.Tech.Sci., associate professor

(e-mail: [krivova\\_lv@tpu.ru](mailto:krivova_lv@tpu.ru))

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

**ABOUT THE SITUATION OF INCREASING EFFICIENCY**

**AND ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF POWER TRANSFORMERS**

**Abstract.** The article analyzes the possibility of introducing innovative technologies into the cooling system of 110 kV power transformers. The main approaches are given, comparative characteristics of natural, mineral and silicone esters are provided.

**Keywords:** substation, power transformer, mineral oil, bio-oil, silicone oil, SF6.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*Худенцов Артем Евгеньевич, студент*

*(e-mail: khudentsoff@yandex.ru)*

*Руденко Вероника Викторовна, к.т.н., доцент*

*(e-mail: rudenko@list.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье рассматривается возможность замены устаревших типов линий электропередач (ЛЭП) на более современные, с целью повышения бесперебойной и эффективной передачи электроэнергии. Перечислены основные качества и отличия современных ЛЭП от старых образцов.*

*Ключевые слова: электроэнергия, энергоэффективность, рассредоточенность, энергоэффективные технологии, композитные материалы.*

На данный момент большое число воздушных линий электропередач возводится при помощи железобетонных столбов, в некоторых, еще с давнего времени, используется дерево. Такие материалы не имеют большинства параметров, позволяющих бесперебойно и эффективно передавать электроэнергию к потребителю. Зачастую старые материалы не эффективны в меру своего малого срока службы, а также и в меру их технических характеристик. Эти пункты очень важны, ведь передача электроэнергии в удаленные сельскохозяйственные объекты, на предприятия, чье производство не должно прекращать свою работу, а также в дома обычным гражданам, является первостепенной задачей существования ЛЭП. Внедрение линий электропередач с использованием композитных материалов очевидно уменьшит аварии на путях передачи электроэнергии, а также увеличит срок эксплуатации таких опор, что уменьшит экономические затраты на обслуживание и ремонт [1].

Композитные опоры линий электропередач зачастую изготавливаются при помощи полиэфирной смолы и стекловолокна, использование этих материалов позволяет достичь высокой прочности и надежности конструкции ЛЭП. Такие опоры способны выдерживать огромные порывы ветра за счет способности переносить высокое напряжение при изгибе и растяжении, в отличии от других типов опор. Помимо этого, такие опоры не подвержены гниению и проявлению коррозии. Также опоры, собранные из композитных материалов, не подвержены ускоренному проявлению коррозии за счет утечек тока [2]. Одним из главных качественных характеристик является тот факт, что использование такого материала позволит не только увеличить срок службы опор, но и также обезопасить ремонтников и

обычных граждан от утечки тока по проводящим в обычных столбах материалам, так как стеклопластик является диэлектриком.

Существует несколько способов изготовления опор из композитного материала:

- метод намотки. Изготовление столбов опор происходит путем наматывания, пропитанного полиэфирной смолой стекломатериала на съемную цилиндрическую или коническую оправку. Намотку производят перекрестно с помощью специальной подвижной каретки, движение которой управляется программой намотки.

- метод пултрузи представляет собой способ изготовления профиля различного сечения путем протягивания стекломатериала, пропитанного полиэфирной смолой, через фильеру соответствующей формы. Фильера нагревается до температуры, при которой происходит полимеризация смолы.

Таблица 1. Физико-механические свойства различных материалов

Физико-механические свойства	Стеклопластик	Железобетон	Сталь	Алюминий
Плотность, т/м <sup>3</sup>	1,6-2,0	2,5	7,8	2,7
Разрушающее напряжение при растяжении, МН/м <sup>2</sup>	410-1180	В 10 раз меньше, чем при сжатии	410-480	80-430
Предел прочности при изгибе, МН/м <sup>2</sup>	690-1240	5,2	400	275
Модуль упругости при растяжении, ГПа	21-41	0,07	210	70
Коэффициент линейного расширения, 10 <sup>-6</sup> С <sup>-1</sup>	5-14	12-15	11-14	22-23
Коэффициент теплопроводности, Вт/мхК	0,3-0,35	1,5-2	46	140-190
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом X м	0,3-0,35	Токопроводящая арматура	Проводник	Проводник

Таблица 2. Сравнение массогабаритных характеристик опор

Композитные опоры		Стальные опоры		Железобетонные опоры	
Высота опор, мм	Вес, кг	Высота опор, мм	Вес, кг	Высота опор, мм	Вес, кг
8000	41	9000	210	9500	800
9000	54	18600	1240	10500	1200
11000	78	19600	1470	11000	1100
12000	95	24900	2530	16400	3620

Протягивание профиля осуществляется движущимися прижимными механизмами. Профиль, изготовленный таким способом, имеет продольно армированную структуру, что обеспечивает максимальную прочность при поперечных нагрузках. Как можно заметить из таблицы, стеклопластик во всем превосходит остальные материалы, из которых изготавливаются опоры. Поэтому для получения максимальной бесперебойности и уменьшения экономических затрат [1] как на установку, так и на обслуживание опор, предлагается использование данного материала.

Проведя анализ, были выявлены следующие преимущества применения композитных опор для ЛЭП:

1) Легкость монтажа опор: для сборки и установки опор из композитных материалов не требуется применение сложных монтажных инструментов и тяжелой техники, что ведет к повышению экономии средств на установку опор.

2) Отсутствие требований к техническому обслуживанию в процессе эксплуатации - опоры из композита не подвержены коррозии и гниению, поэтому не требуется периодически восстанавливать лакокрасочное покрытие опор и их гидроизоляцию, заделывать трещины и т.п.

3) Высокая прочность и долговечность опор из композитного материала дает гарантию 40 лет на появление производственных дефектов и пожизненную гарантию на повреждения, связанные с воздействием на опоры льда, снега, ветра или удара молнии. Расчетный срок службы составляет примерно 100 лет.

4) Огнестойкость и экологичность – не возникают проблемы с утилизацией опор, подобных деревянным опорам, пропитанным креозотом.

5) Высокая степень изоляции за счет диэлектрических свойств композитного материала при использовании в опорах ЛЭП, уменьшает опасность для людей.

6) Безопасность при транспортировке: опоры из композитных материалов являются более ударопрочными по сравнению с железобетонными и металлическими аналогами, не наносят травм участникам движения и серьезных повреждений транспортным средствам.

Таблица 3. Сравнение стоимости опор на 2023 год

Композитные опоры		Железобетонные опоры		Стальные опоры	
Высота опор, мм	Стоимость, руб	Высота опор, мм	Стоимость, руб	Высота опор, мм	Стоимость **, руб
8000	19000	9500	5700	9000	14000
9000	21000	10500	6300	18600	70000
11000	25000	11000	7000	19600	85000
12000	29500	16400	21300	24900	150000

К недостаткам опор из композитных материалов можно отнести лишь высокую стоимость в меру неразвитости производства опор из данного материала.

Дороговизна в свою очередь очень сильно компенсируется ценой обслуживания, долговечностью и транспортировкой с монтажными работами.

Подводя итог из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что использование композитных опор линий электропередач способствует повышению бесперебойности и эффективности передачи электроэнергии.

*Список литературы*

1. Сазонов, Е. В. Инженерная экономика / Е. В. Сазонов, М. С. Кожевников, С. А. Грашков // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 1. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 397-400.

2. Калущий Е.С., Степашов Р.В., Хомяков Д.С., Штань Н.О. К вопросу об электромагнитных областях и полях воздушных линий электропередач // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 172-175.

***Using Composite Power Lines for Frequency of Occurrence and Power Transfer Efficiency***  
***Khudentsov Artem Evgenievich, student***

*(e-mail: khudentsoff@yandex.ru)*

***Rudenko Veronika Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor***

*(e-mail: rudencko@list.ru)*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanova*

**THE USE OF COMPOSITE POLES OF POWER LINES TO INCREASE  
CONTINUITY AND THE EFFICIENCY OF ELECTRICITY TRANSMISSION**

***Abstract:*** *This article increases the likelihood of the emergence of existing types of power lines (TL) to more modern ones, with the occurrence of observable and large energy flows. The main qualities and differences between modern power transmission lines and samples are listed.*

***Keywords:*** *electric power industry, energy efficiency, dispersal, energy efficient technologies, composite materials.*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ**

*Худенцов Артем Евгеньевич, студент*

*Коняев Николай Васильевич, к.т.н., доцент*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В статье рассматривается возможность применения тепловых насосов в России для отопления помещений как жилого, так и производственного типа с целью экономии, практичности, а также безопасности и комфорта в эксплуатации и обслуживании.*

*Ключевые слова: отопление, способ экономии, геотермальные тепловые насосы*

Развитие человеческой цивилизации напрямую связано с развитием техники и технологий, а они в свою очередь зависят от использования топливно-энергетических ресурсов. Очевидно, что с развитием индустриальной цивилизации рано или поздно возникает вопрос в ограничении потребления энергетических ресурсов. В мире в настоящее время постоянно рассматриваются всевозможные способы экономии финансов, в особенности израсходованных на энергоресурсы, а также воду и т.п. [1,2,3]. Сегодня более 30% топливно-энергетических ресурсов тратится на отопление. Из-за этого себестоимость продукции резко повышается. В целях энергосбережения и энергоэффективности необходимо сокращать эти затраты, за счет применения энергоэффективного оборудования. Для этого в системах микроклимата предлагается рассмотреть такое средство, как тепловые насосы, способные без использования любого топлива отапливать помещения разной площади. Тепловые насосы бывают восьми типов: «грунт - вода», «вода - вода», «воздух - вода», «грунт - воздух», «вода - воздух», «воздух - воздух», «фреон - вода», «фреон - воздух».

В настоящее время огромное количество людей и производств используют для отопления помещений природный газ, который используется в нагревателях для отопления помещений разных типов. В 2022 году было различными потребителями в РФ израсходовано 484 млрд. м<sup>3</sup>, на экспорт было отправлено 61,5 млрд. м<sup>3</sup>. По мнению многих экспертов, технологически извлекаемых запасов газа в России по состоянию на 2022 год хватит всего лишь на 62 года. Очевидно, что это очень небольшой промежуток времени и в будущем понадобятся новые энергетические ресурсы. На сегодняшний день при повсеместной политике энергосбережения значительный интерес представляют альтернативные источники энергии. Одним из таких источников являются тепловые насосы, в особенности геотермальные тепловые насосы. Превосходство таких насосов - это их экономичность, безопасность и практичность в использовании в отличии от газовых

и других энергоустановок [4,5,6]. Так это можно подтвердить сравнительным графиком, для отопления помещения в 150 м<sup>2</sup>.

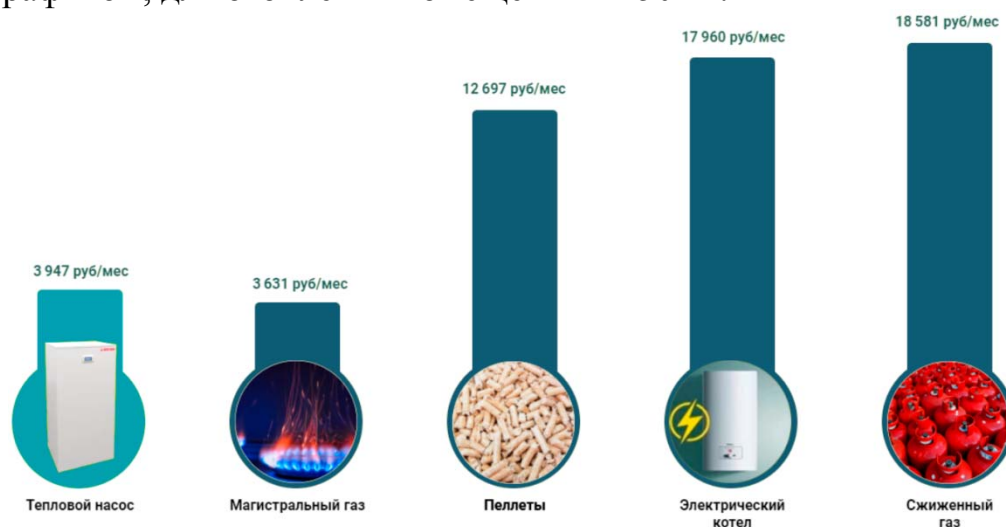


Рисунок 1 - Сравнение стоимости отопления для помещения в 150 кв.м. в зависимости от вида топлива

Так, видя, сколько финансов тратиться на обогревания помещений различными видами топлива, можно сделать вывод, что использование тепловых насосов является весьма экономным способом.

Кроме комфорта и минимальных затрат на энергию, тепловые насосы имеют преимущества: для использования таких насосов не требуется постоянная загрузка топливом, не требуется его постоянная чистка и слежение за его работой; также из-за отсутствия горения, в нем не появляется копоть и нагар, по сравнению с котлом; бесшумная работа также является одним из немаловажных пунктов; также, помимо этого, для установки такого насоса не требуется согласование с муниципальными организациями.

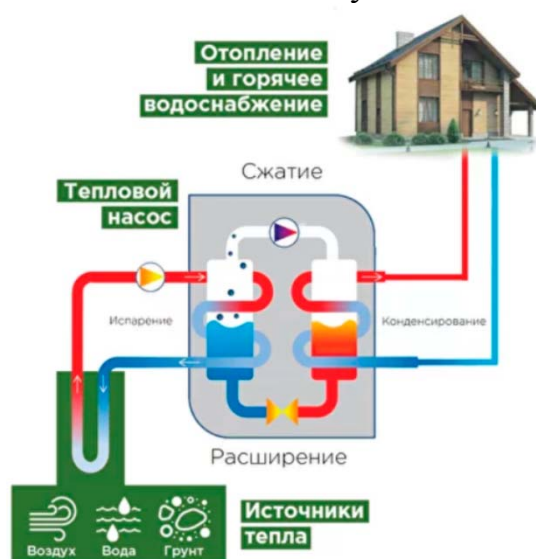


Рисунок 2 – Принцип работы тепловых насосов

Сам принцип работы таких приспособлений для обогрева помещений состоит в том, что он не использует невозобновляемые источники энергии.

Для геотермального теплового насоса источником тепловой энергии выступает грунт - его температура ниже глубины промерзания практически круглый год составляет 12-16 °С. Тепловая энергия собирается из коллектора, который закопан в грунте на глубине, на которую земля не может промерзнуть даже зимой, накапливается в теплоносителе и передается в тепловом насосе хладагенту через испаритель, где хладагент переходит в газообразное состояние. Компрессор всасывает хладагент и сжимает его, при этом сильно повышается давление и температура хладагента. Горячий хладагент поступает в конденсатор - теплообменник, в котором происходит передача тепла, полученного из окружающей среды, в отопительную систему. Перешедший обратно в жидкую форму в процессе охлаждения хладагент после снижения давления и температуры посредством расширительного клапана может снова отбирать тепло из окружающей среды, цикл начинается сначала.

Эффективное использование тепловых насосов имеет место в следующих потребителях: отоплении частных домов и малых жилых и нежилых объектов; отопление складов, АЗС, средних по объему технических помещений и т.п. зданий; обеспечение теплой и горячей водой любых помещений; помимо этого, такие насосы можно применять для нагрева или охлаждения технических резервуаров с любым содержимым [7,8].

Для установки теплового насоса необходимы первоначальные затраты: стоимость насоса и монтажа системы составляет 18 - 62 тыс. рублей примерно для 1 кВт необходимой мощности отопления. Время окупаемости тепловых насосов составляет около 7 лет, при сроке службы в среднем 18 лет до капитального ремонта. Ещё более многообещающей является система, комбинирующая в единую систему теплоснабжения геотермальный источник и тепловой насос. При этом геотермальный источник может быть как естественного, так и искусственного происхождения. Другим возможным применением теплового насоса может стать его комбинирование с существующими системами централизованного теплоснабжения. К потребителю в этом случае может подаваться относительно холодная вода, тепло которой преобразуется тепловым насосом в тепло с потенциалом, достаточным для отопления. Но при этом вследствие меньшей температуры теплоносителя потери на пути к потребителю могут быть значительно уменьшены. Также будет уменьшен износ труб центрального отопления, поскольку холодная вода обладает меньшей коррозионной активностью, чем горячая.

Подведя итоги по всему вышперечисленному, можно сделать вывод, что использование тепловых насосов для строений разного назначения поможет сэкономить очень большое количество финансов, а также помимо этого поможет наладить отопление для комфорта использования и перспективы в росте модернизации систем отопления.

*Список литературы*

1. Коняев Н.В., Иванова Е.М. Биоэнергия как альтернативный источник энергии в масштабах агропромышленного предприятия // В сборнике: Инновационная деятельность в модернизации АПК: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 частях. - Курск, 2017. - С. 235-237.
2. Безбабных О.В., Назаренко Ю.В., Коняев Н.В. Альтернативное электроснабжение сельскохозяйственных объектов // В сб.: Молодежь и наука: сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 5 т. Курск, 2019. - С.133-135.
3. Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Степашов Р.В. Обоснование использования альтернативного электроснабжения на примере малых гидроэлектростанций // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Международной научно-практической конференции. - Курск, 2018. - С. 339-344.
4. К выбору теплооборудования для животноводческих объектов / Б.С. Блинков, О.Н. Коняева, Р.Э. Ивченко, Н.В. Коняев // В сборнике: Юность и знания - гарантия успеха - 2020. Сборник научных трудов 7-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. Отв. редактор А.А. Горохов. 2020. - С. 295-298.
5. Применение тепловой насосной установки для отопления животноводческих помещений / Б.С. Блинков, Н.В. Коняев, Р.В. Степашов, Р.Э. Ивченко // В сборнике: Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. Сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции. Курск, - 2020. - С. 224-227.
6. Коняев Н.В., Колядин Н.В. Альтернативные системы отопления для сельскохозяйственных объектов // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. - С. 193-198.
7. Коняев Н.В., Блинков Б.С., Бледнов С.Е. Применение альтернативного источника тепла // В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. - С. 182-186.
8. Безбабных О. В., Коняев Н. В. Альтернативная энергия для микроклимата животноводческих помещений // В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: Материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 21 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 299-304.
9. Обоснование конструкции светильника для компактных люминесцентных ламп/ Коняев Н.В., Ивашура А.С.// В сборнике: Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса. материалы международной научно-практической конференции. 2008. С. 17-19.
10. Обоснование использования альтернативного электроснабжения на примере малых гидроэлектростанций/ Коняев Н.В., Назаренко Ю.В., Степашов Р.В.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 339-344.
11. Обоснование применения энергосберегающих технологий для систем освещения в коровниках/ Коняев Н.В., Фирсов В.С., Блинков Б.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 171-175.
12. Перспективы энергосбережения в микроклимате животноводческих помещений/ Коняев Н.В., Еремин Д.А., Вайцеховский Д.Е.// Региональный вестник. 2018. № 2 (11). С. 17-20.
13. Светодиодная облучательная установка/ Назаренко Ю.В., Коняев Н.В., Блинков Б.С., Степашов Р.В.// Региональный вестник. 2015. № 1. С. 46-47.

*Khudentsov Artem Evgenievich, student*

*Konyaev Nikolay Vasilyevich, Cand.Tech.Sci., associate professor*

*Kursk State Agricultural Academy, Kursk, Russia*

## **K THE USE OF ALTERNATIVE METHODS OF SPACE HEATING**

**Abstract.** *The article discusses the possibility of using heat pumps in Russia for heating both residential and industrial premises in order to save money, practicality, as well as safety and comfort in operation and maintenance.*

**Keywords:** *heating, saving method, geothermal heat pumps*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА**

*Царенков Игорь Иванович, студент*

*(e-mail: igor.carenkov3@mail.ru)*

*Осипов Александр Петрович, к.т.н., доцент*

*(e-mail:12345655@mail.ru)*

*Самарский государственный технический университет*

*Филиал в г. Сызрани*

*В данной статье представлены результаты по применению пьезоэлектрических преобразователей малой мощности для утилизации бросовой энергии и последующего использования электрической энергии для питания маломощных осветительных приборов с целью сокращения затрат на освещение.*

*Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователи, утилизация энергии, автономные источники питания.*

В соответствии с руководящими документами, освещение на промышленном предприятии должно быть даже в труднодоступных местах и там, где освещение требуется редко: переходы, чуланы, лестничные марши и т.п. Осветительные приборы, как правило, имеют небольшую мощность, и существуют решения по их автономному обеспечению электрической энергией на основе аккумуляторов. Рядом с такими местами, как правило, располагаются короба системы вентиляции, воздушные поток в этой системе мог бы снабжать системы освещения электрической энергией. Но такие решения на рынке не представлены.

Целью работы, таким образом, является сокращение затрат на освещение помещений на основе утилизации энергии воздушного потока вентиляционной системы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Проанализировать существующие решения для освещения производственных помещений с помощью утилизации бросовой энергии.
2. Предложить конструкцию системы освещения на основе пьезоэлектрических преобразователей.
3. Сделать выводы по проделанной работе и дать рекомендации.

В ходе анализа существующих автономных систем питания осветительных приборов было выявлено, что большинство из них основаны на лопастных ветрогенераторах или фотоэлектрических преобразователях. Такие конструкции устанавливаются в большинстве случаев на крышах различных сооружений или вдоль дорог.

Ветрогенераторы и фотоэлектрические преобразователи из-за своих конструктивных особенностей не смогут эффективно работать внутри помещений: устанавливаемые в вентиляционные шахты ветрогенераторы требуют регулярного технического обслуживания, при их установке значительно снижается скорость потока воздуха. Солнечные панели при установке в вентиляционных шахтах крайне неэффективны.

Было принято решение разработать безлопастной преобразователь, работающий при малой силе ветра и имеющий небольшие габариты для дальнейшей установки в вентиляционные шахты. Из всех проанализированных преобразователей самым оптимальным вариантом являлись пьезоэлектрический преобразователь [1,2].

В процессе разработки пьезоэлектрического преобразователя была сконструирована модель, и изготовлен опытный образец с малыми габаритами, что позволяет установить до 1100 штук таких генераторов на 1 м<sup>2</sup>. Он способен вырабатывать до 1 мВт мощности. Анализ литературных источников показал, что такой мощности достаточно для питания маломощных светодиодов.

Такие пьезоэлектрические преобразователи планируется устанавливать в вентиляции рис. 1. Система автономного электроснабжения может быть укомплектована литий-ионным аккумулятором и датчиком движения. Пьезоэлектрические преобразователи устанавливаются внутри вентиляции, другие элементы системы могут быть установлены в небольшом корпусе, прикрепленном к нижней части вентиляционной шахты. На нижнюю часть корпуса будет устанавливаться осветительный прибор с датчиком движения. Благодаря малым габаритам, такие преобразователи оказывают незначительное влияние на воздушный поток внутри вентиляции, что даёт им преимущество перед лопастными ветрогенераторами.

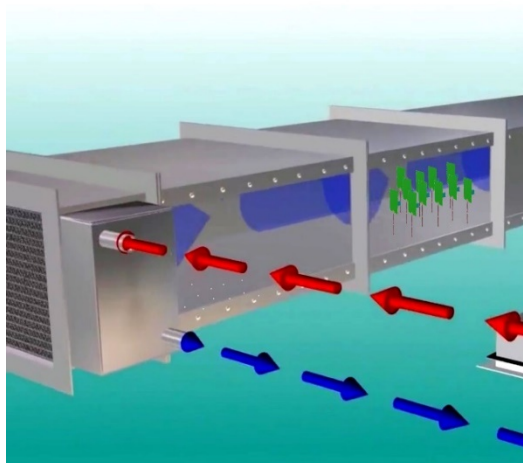


Рисунок 1 – Установка пьезоэлектрических преобразователей

Также при внедрении системы сбора пьезоэлектрической энергии методом эквивалентного импеданса, разработанную тайванскими учёными [3], будет уменьшена потеря электроэнергии в проводах, что повысит мощность пьезоэлектрических преобразователей.

Такая система автономного питания освещения позволит снизить расходы на прокладку кабелей к осветительным приборам помещений, удалённых от основной электросети, где освещение требуется нечасто.

Таким образом, по проделанной работе можно сделать следующие выводы:

1. Была предложена конструкция системы автономного электроснабжения осветительных приборов, использующая кинетическую энергию воздушного потока системы вентиляции.

2. Было установлено, что предложенная система обладает рядом преимуществ: работа при низкой скорости воздушного потока, низкая стоимость.

3. Предложенные решения по использованию пьезоэлектрических преобразователей для выработки электрической энергии могут быть использованы в условиях, когда прокладка кабелей невозможна или сравнительно дорогая.

В дальнейшем рекомендуется более детальная проработка узлов и элементов конструкции для использования в качестве автономного источника питания для маломощных осветительных приборов.

#### *Список литературы*

1. Sun, C Research Status of Wind Energy Piezoelectric Generator / Lu Chunhua Sun, Guangqing Shang // Energy and Power Engineering. – 2018. - №10. – с. 487-507. doi: 10.4236/epe.2018.1012031.

2. Hobeck, J.D. C Artificial piezoelectric grass for energy harvesting from turbulence-induced vibration / Jared D. Hobeck, D. Inman.// Smart Materials and Structures. – 2012. doi: doi:10.1088/0964-1726/21/10/105024.

3. Sheeraz, M.A.; Malik, M.S.; Rehman, K.; Elahi, H.; Butt, Z.; Ahmad, I.; Eugeni, M.; Gaudenzi, P. Numerical Assessment and Parametric Optimization of a Piezoelectric Wind Energy Harvester for IoT-Based Applications. Energies 2021, 14, 2498. <https://doi.org/10.3390/en14092498>.

***Tsarenkov Igor Ivanovich***, student

***Osipov Alexander Petrovich***, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Russia, Syzran, Syzran Branch of the Samara State Technical University

### **THE USE OF PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS FOR THE UTILIZATION OF THE KINETIC ENERGY OF THE AIR FLOW.**

***Abstract.*** This article presents the results on the use of low-power piezoelectric transducers for waste energy utilization and the subsequent use of electrical energy to power low-power lighting devices in order to reduce lighting costs.

***Keywords:*** piezoelectric transducers, energy harvesting, autonomous power supplies.

УДК 629.7

## О ПРИМЕНИМОСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Чернега Антон Алексеевич, студент*

*(e-mail: antonios77@mail.ru)*

*Рыжков Владимир Витальевич, к.т.н., доцент*

*(e-mail: rzhkov-11@yandex.ru)*

*Воронежский государственный технический университет*

*В работе рассматривается возможность применения аддитивных технологий (АТ) в современной промышленности. Рассматриваются преимущества АТ в сравнении с традиционными методами изготовления деталей на примере SLM-печати и ограничения, связанные с применением данных технологий.*

*Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D печать, авиакосмическая отрасль, расход материала, технологичность, SLM-печать.*

Индустрия 3D печати активно развивается в наши дни. Это можно наблюдать как по количеству заявок на изобретения в этой сфере, так и на упоминания в средствах массовой информации. Это объясняется отличительной особенностью таких технологий, а именно относительной дешевизной, обеспечивающий низкий порог вхождения. Сейчас позволить себе 3D принтер для коммерческого использования может даже небольшая фирма. Причём, если раньше изделия, полученные с помощью аддитивных технологий, использовались в основном для изготовления прототипов более сложных и дорогих деталей, то в наше время изделия, напечатанные на 3D принтере могут составить конкуренцию деталям, изготовленным традиционными методами как по прочностным характеристикам, так и по технологичности.

Безусловно, такие перспективные технологии широко востребованы во многих отраслях современной промышленности, к примеру, в авиастроении. Зачастую детали в авиации имеют сложную геометрию, в то же время к ним предъявляют серьёзные ограничения по весу. Отвечать этим требованиям могут детали, изготовленные с помощью аддитивных технологий и применением структур пространственных решеток [1]. Такой подход позволит существенно снизить как расход материала на изготовление детали, так и массу конструкции. Лазерная плавка с использованием технологии Laser CUSING сокращает долю отходов до 5%. Что не менее важно, любые ошибки в дизайне могут быть замечены и исправлены на ранних стадиях производства, а его корректировка не требует дорогостоящей перенастройки производственных линий – достаточно лишь изменить цифровую модель [2]. Достичь подобного результата традиционными методами изготовления деталей крайне затруднительно.

Наиболее распространенным методом для 3D печати является SLM (выборочное лазерное плавление). SLM это метод аддитивного производства предназначенный для 3D печати металлическим порошком. Суть метода — в плавлении лазером послойно наносимого металлического порошка [3]. Изделия, полученные селективным лазерным плавлением, в некоторых случаях прочнее литых на 2–12 %. Так же стоит отметить, что разрешение печати при таком методе изготовления начинается от 20 микрон [4]. Это позволяет применять АТ в двигателестроении для изготовления лопаток турбин реактивных двигателей [5].

Помимо печати металлических изделий, аддитивные технологии позволяют изготавливать и детали из различных полимеров, таких как ABS, PEЕК, PEI и др. [6]. В ранее упомянутой авиации такие детали нашли применение в системе вентиляции самолёта, электротехническом оборудовании таком как розетки и распределительные коробки, и различных элементах интерьера. К изготовлению полимерных деталей посредством 3D печати можно отнести те же преимущества, что и к металлическим, а именно: отсутствие необходимости в особой оснастке, экономию материала, простоту корректировки модели изделия.

Безусловно аддитивные технологии не лишены недостатков. К ним можно отнести эффект «образования шариков» или сфероидизация для некоторых видов сплавов (олово, медь, цинк, свинец), наличие внутренних напряжений в изделии, ограниченность в использовании некоторых сплавов. Однако такие «детские» проблемы весьма свойственны многим относительно молодым технологиям. В наши дни ведется огромное количество исследований как у нас в стране, так и за рубежом и результатом этих исследований станет расширение номенклатуры применяемых в АТ материалов. Между тем уже сейчас АТ могут конкурировать с традиционными технологиями создания изделий в таких серьезных и ответственных отраслях, как ракетостроение и авиация, в которых деталь должна выполнять свои функции, быть прочной, но вместе с тем иметь материал только в тех местах, где без него не обойтись.

#### *Список литературы*

1. Хасанзянова, А.И. Применение структур пространственных решёток в авиации, изготовленных методом аддитивных технологий / А. И. Хасанзянова, А.А. Терентьев // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых). - 2021. - Т. 3. - С. 196-199.
2. Шегидевич, А.А. Роль аддитивных технологий в авиации / А. А. Шегидевич, А. А. Жукова, А. А. Заико // Наука и инновации. - 2019. - № 9(119). - С. 29-34.
3. Гребенщикова, Т.Д. Применение аддитивных технологий в машиностроительном производстве / Т. Д. Гребенщикова, В. В. Рыжков // Прогрессивные технологии и процессы : сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 24–25 сентября 2020 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 37-39.
4. Высоцкий, А.А. SLM-печать в двигателестроении / А. А. Высоцкий // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2016. - Т. 1. - № 12. - С. 188-189.

5. Гребенщикова, Т.Д. Применение аддитивных технологий при изготовлении турбинных лопаток из сплавов на основе никеля / Т. Д. Гребенщикова, В. В. Рыжков // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. – 2020. – Т. 1. – С. 56-59.

6. AVIA.PRO [Электронный ресурс]. URL: <https://avia.pro/blog/3d-pechat-v-aviacii-konstrukcionnye-plastiki-i-metally> (дата обращения: 21.03.2023).

*Chernega Anton Alekseevich, student*

*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

*Ryzhkov Vladimir Vitalievich, Cand.Tech.Sci., associate professor*

*Southwest state university, Voronezh, Russia*

## THE POSSIBILITIES OF USING ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE AVIATION INDUSTRY

**Abstract.** *The article discusses the possibility of using additive technologies (AT) in the aerospace industry. The advantages of AT in comparison with traditional methods of manufacturing parts on the example of SLM printing and the limitations associated with the use of these technologies are considered.*

**Keywords:** *additive technologies, 3D printing, aerospace industry, material consumption, manufacturability, SLM printing.*

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА ФАСОЛИ

*Широких Михаил Алексеевич, магистрант,  
(e-mail: @misha.shirockih99@gmail.com)*

*Рышков Никита Александрович, магистрант,  
(e-mail: nikita2015rus@gmail.com)*

*Гуреев Юрий Анатольевич, к.т.н.,  
(e-mail: yuriy.gureev@mail.ru)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова*

*В данной статье рассмотрены показатели оценивания эффективности применения универсальной сеялки на базе существующей сеялки ССТ-12В на посевах фасоли.*

*Ключевые слова: универсальная сеялка, посев, фасоль, производительность агрегата, высевающий диск, сроки посева, металлоемкость агрегата.*

В настоящее время особая роль в увеличении производства продуктов питания принадлежит зернобобовым культурам. В Российской Федерации основное значение имеет фасоль обыкновенная.

Фасоль – теплолюбивое растение. Семена прорастают при температуре 10°C, всходы появляются при 12...13 °C, заморозков, как правило не выдерживают. Сеют её с междурядьями 45 см., а при орошении - 60...70 см. Глубина посева на легких почвах - 3...4 см, на влажных почвах - 5...6 см. Норма высева 0,35...0,40 млн. всхожих семян на 1 га и изменяется от 15 до 150 кг/га.

Для посева семян фасоли применяют пневматическую сеялку СУПН-8А, сеялку прицепную пневматическую СКИП-12, пневматическую сеялку СТВ-12 “Полесье” и другие. Однако механическая сеялка точного высева семян более проста в эксплуатации, чем пневматическая, при этом она не уступает пневматической сеялке по качеству сева [1,2].

В структуре посевных площадей хозяйств центрального региона РФ сахарная и кормовая свёкла занимают 9 %, фасоль - 1 %. Несовпадение сроков, а также технологическое сходство посева фасоли, сахарной и кормовой свёклы позволяют применять не только специальные сеялки для каждой культуры, но и расширять функции базовых сеялок за счёт числа высеваемых культур. Поэтому главным направлением в работе по созданию универсальных сеялок должна быть разработка высокопроизводительных, экономичных, и надежных в работе машин.

Анализ эффективности применения универсальной сеялки необходимо проводить на основе моделирования процесса ее функционирования.

Универсальную сеялку можно отнести к сложному техническому устройству, характеризующегося производительностью, массой, стоимостью и габаритными размерами [3].

К главным показателям эффективности применения сеялки относятся ее сезонная загрузка, производительность, масса, затраты на эксплуатацию, удобство замены высевающих дисков, простота и безопасность обслуживания [4].

Среднее значение часовой производительности агрегата с универсальной сеялкой на посеве сахарной, кормовой свеклы и фасоли предлагается определять по формуле:

$$W_{\text{скф}} = \frac{W_{\text{ск}} \times T_{\text{ск}} + W_{\text{ф}} \times T_{\text{ф}}}{T_{\text{ск}} + T_{\text{ф}}}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{скф}}$  - производительность агрегата на посеве сахарной и кормовой свеклы, га/ч;

$W_{\text{ф}}$  - часовая производительность агрегата на посеве фасоли, га/ч;

$T_{\text{ск}}$  - продолжительность работы агрегата за сезон на посеве сахарной и кормовой свеклы, ч;

$T_{\text{ф}}$  - продолжительность работы агрегата за сезон на посеве фасоли, ч.

Металлоемкость агрегата с универсальной сеялкой равна:

$$\mu = \frac{(G_{\text{т}} \times \frac{C}{100} + G_{\text{ск}} + \Delta G_{\text{д}}) \times (T_{\text{ск}} + T_{\text{ф}})}{W_{\text{ск}} T_{\text{ск}} + W_{\text{ф}} T_{\text{ф}}}, \quad (2)$$

где  $G_{\text{т}}$  - масса трактора, кг;

$C$  - долевое участие трактора на посеве сахарной, кормовой свеклы и фасоли, %;

$G_{\text{ск}}$  - масса базовой сеялки, кг;

$\Delta G_{\text{д}}$  - масса дополнительных вертикально высевающих дисков для посева фасоли основных сортов, кг.

К показателям организационно-технического уровня производства предлагается применять коэффициент оснастки  $K_{осн}$ , определяемый по формуле:

$$K_{осн} = \frac{\Delta n_d + n_{осн}}{n_{осн}}, \quad (3)$$

где  $n_{осн}$  - число типоразмеров оснастки для базовой сеялки, шт;

$\Delta n_d$  - число типоразмеров дополнительной оснастки, шт.

Показатель  $K_{осн} \geq 1$ . Если  $K_{осн}$  равен 1, то дополнительной оснастки нет.

Коэффициент унификации деталей сеялки определяется по зависимости:

$$K_{уд} = \frac{N + N_d}{N}, \quad (4)$$

где  $N$  - общее число деталей у базовой сеялки, шт.;

$N_d$  - число дополнительных деталей, изготовление которых связано с расширением функциональных возможностей шт.

Чем больше этот показатель, тем выше уровень унификации деталей.

Для оценки технологичности сеялки предлагается использовать коэффициент унификации по массе:

$$K_M = \frac{M + M_d}{M}, \quad (5)$$

где  $M$  - масса базовой сеялки, кг;

$M_d$  - дополнительная масса деталей, узлов к базовой сеялке, расширяющих ее функциональные возможности, кг.

Коэффициент унификации деталей предлагается определять по формуле:

$$K_{уд} = \frac{n_o}{n_{уд}}, \quad (6)$$

где  $n_{уд}$  и  $n_o$  - соответственно число унифицированных и общее количество деталей.

Уровень использования технологических процессов на высевах различных культур предлагается рассчитать по формуле:

$$K_K = \frac{(n_k + \Delta n_k)}{n_k}, \quad (7)$$

где  $n_k$  - число культур, высеваемых базовой сеялкой, шт.;

$\Delta n_d$  - число дополнительных культур, высеваемых универсальной сеялкой, шт.

Вопросы выбора показателей целесообразности использования унифицированных составных частей в конструкции сеялки имеют большое значение в связи с тем, что принятие технического решения на основании недостаточно обоснованных выводов и рекомендаций может привести к значительным ненужным расходам.

Создание нового высевающего аппарата высокого технического уровня говорит о более полном использовании его на высевах фасоли различных сортов.

Технические характеристики высевающего аппарата универсальной сеялки можно оценить критерием:

$$\left(\frac{C''}{t}\right) \rightarrow \min \quad (8)$$

где  $C''$  - приведенные затраты денежных средств, руб.;

$t$  - период службы модернизированной сеялки, ч.

Оценочный критерий (8) предполагает, что каждый из сравниваемых вариантов обеспечивает необходимый уровень эффективности использования посевного МТА с универсальной сеялкой.

Увеличение годовой загрузки модернизированной сеялки повышает экономическую эффективность ее использования [5].

Экономия денежных средств от приобретения универсальной сеялки и от применения ее на посевах сахарной и кормовой свеклы и фасоли составит

$$\begin{aligned} \Delta &= \Pi_{\text{СК}} \frac{F_{\text{СК}}}{W_{\text{СК}} \cdot T_{\text{СК}}} + \Pi_{\text{Ф}} \frac{F_{\text{Ф}}}{W_{\text{Ф}} \cdot T_{\text{Ф}}} - \Pi_{\text{У}} \frac{(F_{\text{СК}} + F_{\text{Ф}})}{W_{\text{СКФ}} \cdot (T_{\text{СК}} + T_{\text{Ф}})} + (C_{\text{СК}} + C_{\text{Ф}} - C_{\text{СКФ}}) \cdot \\ (F_{\text{СК}} + F_{\text{Ф}}) &= \Pi_{\text{СК}} \frac{F_{\text{СК}}}{W_{\text{СК}} \cdot T_{\text{СК}}} + \Pi_{\text{Ф}} \frac{F_{\text{Ф}}}{W_{\text{Ф}} \cdot T_{\text{Ф}}} - (F_{\text{СК}} + F_{\text{Ф}}) + \left(\frac{\Pi_{\text{У}}}{W_{\text{СКФ}} \cdot (T_{\text{СК}} + T_{\text{Ф}})} - C_{\text{СК}} + C_{\text{Ф}} - \right. \\ &C_{\text{СКФ}}, \quad (9) \end{aligned}$$

где  $F_{\text{СК}}$ ,  $F_{\text{Ф}}$  - соответственно площадь, занятая сахарной и кормовой свеклой, фасолью, га;

$\Pi_{\text{СК}}$ ,  $\Pi_{\text{Ф}}$  и  $\Pi_{\text{У}}$  - соответственно цена сеялки для посева сахарной и кормовой свеклы, фасоли и модернизированной сеялки, руб.;

$C_{\text{СК}}$ ,  $C_{\text{Ф}}$  и  $C_{\text{СКФ}}$  - соответственно прямые эксплуатационные затраты на один гектар посева сахарной и кормовой свеклы, фасоли, посеянными специализированными ( $C_{\text{СК}}$ ,  $C_{\text{Ф}}$ ) и модернизированной ( $C_{\text{СКФ}}$ ) сеялками, руб./га.

Сеялки нового поколения и модернизированные должны обеспечить минимальные затраты топливно-энергетических и материальных ресурсов. Поэтому требуется модернизация существующих механических сеялок для обеспечения качественного высева семян фасоли.

#### *Список литературы*

1. Варавин В.И. Перспективы повышения эффективности использования посевных машин / Варавин В.И., Коротков И.В. // В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 251-254.

2. Широких М.А. Актуальность создания универсальной сеялки для посева овощных культур / Широких М.А., Гуреев Ю.А. // В сборнике: Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2022. С. 252-254.

3. Гуреев, Ю. А. Оценка технологичности конструкции сеялки для посева сои / Ю. А. Гуреев // Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 06 февраля 2020 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2020. – С. 77-81.

4. Цыгаков А.В. Показатели оценки универсальности сеялок / Цыгаков А.В., Петин П.В., Варавин В.И. // В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых- 2021. Сборник научных статей 10-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Отв. редактор А.А. Горохов. Курск, 2021. С. 321-324.

5. Гуреев, Ю. А. Агрооценка высевяющих аппаратов на посеве огурцов / Ю. А. Гуреев // Научное обеспечение агропромышленного производства (материалы Международной научно-практической конференции, 25-27 января 2012 г., г. Курск, ч.3). – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2012. – С. 175-177.
6. Модернизация колесного трактора ТИПА ХТЗ-150К/ Варавин В.И., Ковалёв И.И., Цыганков А.В.// В сборнике: Молодежь и наука: шаг к успеху. сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Юго-Западный государственный университет; Московский политехнический университет. 2020. С. 227-229.
7. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат/ Варавин В.И., Броженко К.С., Коток К.А.// В сборнике: Молодежь и системная модернизация страны. сборник научных статей 5-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Курск, 2020. С. 160-164.
8. Особенности конструкции двигателя ярославского моторного завода серии 536/ Щенников Д.А., Варавин В.И., Гуреев Ю.А., Белоусов Н.И.// В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 214-218.
9. Повышение эффективности работы пропашного культиватора/ Варавин В.И., Ковалев И.И.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 139-141.
10. Переоборудование свекловичной сеялки ССТ-12Б для посева подсолнечника/ Репетов А.Н., Варавин В.И.// Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 7. С. 9.
11. Состав агрегатов на внесении известковых удобрений/ Бендусов А.А., Сасин Н.И., Дрёмов С.Н., Гуреев Ю.А., Белоусов Н.И.// В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 233-237.
12. Агрооценка высевяющих аппаратов на посеве огурцов/ Гуреев Ю.А.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2012. С. 175-177.
13. Оценка технологичности конструкции сеялки для посева сои/ Гуреев Ю.А.// В сборнике: Инновации в научно-техническом обеспечении агропромышленного комплекса России. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 77-81.
14. Разработка навесного подъемника для постановки сельскохозяйственных машин на хранение/ Горлов В.В., Гуреев Ю.А.// В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 42-45.
15. Эффективность применения модернизированной сеялки сст-12б на посеве кукурузы/ Мезенцев А.О., Струков А.А., Гуреев Ю.А.// В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 40-42.

***Shirokikh Mikhail Alekseevich, master student,***  
*(e-mail: @misha.shirockih99@gmail.com)*  
***Ryshkov Nikita Alexandrovich, master student,***

(e-mail: nikita2015rus@gmail.com)

**Gureev Yury Anatolievich, Ph.D.,**

(e-mail: yuriy.gureev@mail.ru)

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanova*

## **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USE OF A UNIVERSAL SEEDER FOR SOWING BEANS**

**Abstract.** *This article discusses the indicators for evaluating the effectiveness of the use of a universal seeder based on the existing seeder SST-12V for sowing beans.*

**Keywords:** *universal seeder, sowing, beans, unit productivity, sowing disc, sowing time, unit metal consumption.*

## **ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**Шпиньков Дмитрий Игоревич, студент**

(e-mail: dima.shpinkov6612@gmail.com)

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*В данной статье представлены основные проблемы энергосбережения на промышленных предприятиях, которые препятствуют развитию предприятий. Также определены необходимые пути решения представленных проблем по энергосбережению. Изучены направления ресурсосбережения на предприятии.*

*Ключевые слова: энергосбережение, промышленные предприятия, проблемы, энергоэффективность.*

Система и основные принципы энергосбережения и повышения уровня энергоэффективности, связанные с другими приоритетами роста показателей страны, являются важным фактором развития технологий как в топливно-энергетическом комплексе, так и в промышленном производстве, соответствующих отраслях, значительно влияя на увеличение уровня конкурентоспособности экономики.

Правильное и рациональное распределение ресурсов в промышленных предприятиях является основной целью управления организаций. Данная задача организует эффективный менеджмент ресурсных потенциалов. Промышленные предприятия также ставят перед собой цель – технологическое обеспечение использования ресурсов на производстве [1, с.1472]. Важной частью производственной программы деятельности каждого предприятия является связь процессов организации и управления рационального использования энергетических ресурсов, что также основывается на эффективном использовании всех ресурсов.

Основные направления ресурсосбережения на предприятиях (рисунок 1):

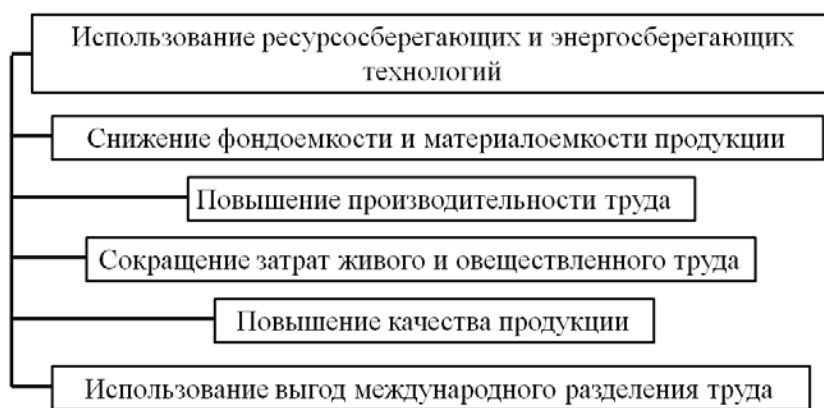


Рисунок 1 – Направления ресурсосбережения на предприятии

Одной из самых серьезных проблем в 21 веке является повышение энергосбережения. В Российской Федерации данная проблема обретает высокую актуальность как внутри страны, так и в границах мирового сообщества [2, с. 134].

Программы по энергосбережению имеют так же ряд своих проблем, которые существуют во всех сферах жизни и деятельности общества. Актуальность программ энергосбережения основывается на том, что энергия – это важная составляющая инфраструктуры национальной экономики, представляющая связанную открытую систему, где на функционирование влияют потребители тепла и электроэнергии.

Главной причиной появления проблем энергосбережения является слабо развитая методика достижения целей и задачи при создании и привлечению энергосберегающих проектов. Проблема энергосбережения является технологическим аспектом создания энергосберегающих проектов. Реализация энергосбережения не соответствует заданным высоким требованиям при научной проработке организационной и экономической составляющей.

Поэтому современное общество требует уделить внимание проблеме правильного и рационального распределения энергетических ресурсов. Ведь основное заключение – это прямое положительное влияние на экономику Российской Федерации, рост валового внутреннего продукта, увеличение уровня жизни общества.

Но пока на сегодняшний день можно увидеть лишь существенное негативное влияние на развитие хозяйствующих субъектов в нашей стране, которое оказывает высокая доля энергетических затрат в издержках производства. На промышленных предприятиях она сегодня составляет в среднем 8-12 % [4, с. 124].

Какие же барьеры стоят сегодня на пути повышения эффективности использования энергии в промышленности? Перечислим их на рисунке 2.

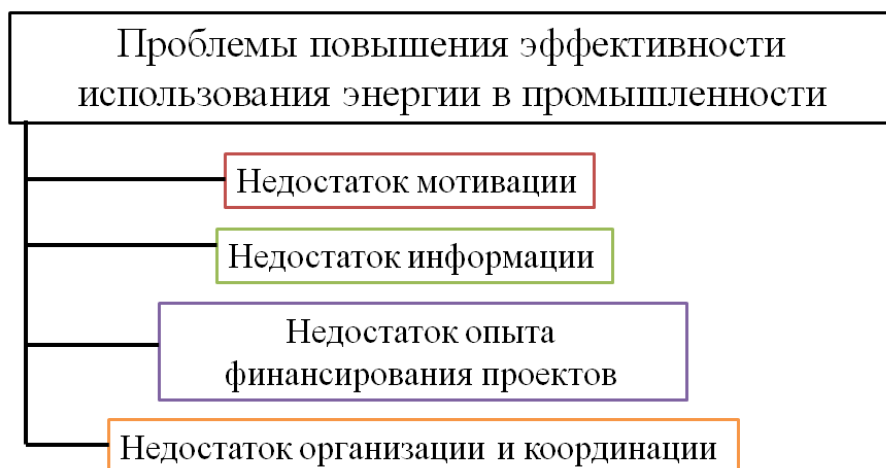


Рисунок 2 – Проблемы повышения эффективности использования энергии в промышленности

Так же к проблемам энергосбережения на производстве относят:

- применение устаревших технологий в производственном цикле;
- использование устаревшего оборудования, не соответствующего требованиям энергоэффективности;
- слабые организационные меры по обеспечению энергосберегающих мероприятий;
- отсутствие финансовой возможности закупить новую технику и внедрять прогрессивные энергосберегающие меры.

Энергосбережение в российской производственной сфере значительно отстает от мировых стандартов, причем по нескольким направлениям одновременно. Это связано со следующими проблемами отсутствия:

- законодательной базы, требующей ежегодного улучшения энергоэффективности предприятий, основанных более чем пятнадцать лет назад;
- стандартов отчетности;
- профессиональных институтов, которые бы занимались проблемами энергосбережения;
- критериев оценивания предприятий.

Медленный процесс повышения энергоэффективности в России связан с отсутствием практики обнародования показателей энергоснабжения. Вопросы, связанными с энергосбережением занимаются одновременно несколько ведомств. А за отдельные показатели энергосбережения в производстве отвечать некому, данных ведомств не существует, но часть некоторых показателей контролируется только двумя службами. Таким образом данная ситуация также создает проблему энергосбережения.

Поэтому решение данных проблем находится на низком уровне. Улучшить ситуацию на промышленных предприятиях можно привлечением в штат сотрудников по вопросам энергосбережения так, как на сегодняшний день данную проблему возлагают на отдельные службы.

Наличие специалистов, которые бы могли анализировать энергопотребление и внедрять более экономные технологии, позволит предприятиям повышать свою рентабельность. Причем, многие способы, которые могут быть приняты предприятиями для энергосбережения, – мало затратные или вообще не требуют финансирования, но при этом способны увеличить прибыль.

Таким образом, энергосбережение должно быть одним из главных и важным направлением экономической политики промышленного предприятия. На сегодняшний день особое внимание заслуживает оценка эффективности энергосбережения и ее составляющих со стороны государства, которую необходимо учитывать при последующей разработке целевых программ энергосбережения и сценариев их реализации.

*Список литературы*

1. Елтышев, Д.К., Стратегия управления процессами энергосбережения и повышения энергоэффективности промышленных предприятий [Текст]/ Д.К. Елтышев, Н.И. Хорошев // Фундаментальные исследования. – 2019 – № 11Ч. 7 – С. 1472–1475.
2. Яворской, М.И. Энергосбережение на промышленных предприятиях : учебное пособие [Текст]/ М.И. Яворского.– Томск: Издательство ТПУ. – 2020. – 134 с.
3. Матвеев, О.А. Энергосбережение: тактика или стратегия? [Текст]/ О.А. Матвеев //М.: ЭКО. – 2020 – № 2– С. 126-133.

*Shpinkov Dmitry Igorevich, student  
(e-mail: dima.shpinkov6612@gmail.com)  
Southwest State University, Kursk, Russia*

**PROBLEMS OF ENERGY SAVING AT RUSSIAN INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*This article presents the main problems of energy saving in industrial enterprises that hinder the development of enterprises. The necessary ways of solving the presented problems on energy saving are also identified. The directions of resource saving at the enterprise are studied.*

*Keywords: energy saving, industrial enterprises, problems, energy efficiency.*

## **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПЕРЕМЕННОЕ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ**

**Ющенко Дмитрий Сергеевич, студент**  
(*mr.ushenko-1@yandex.ru*)

*Донской государственный технический университет*

*Актуальность темы заключается в высоких темпах освоения альтернативных источников энергии, в том числе солнечной энергетики так, как солнце является не отменным источником энергии, которое позволяет производить энергию без вреда экологии.*

*Ключевые слова: преобразователи постоянного тока, солнечные панели, электроснабжение, альтернативные источники энергии.*

Большую популярность в современном мире приобретают именно солнечные батареи. Именно они позволяют обеспечивать электричеством всю дачу и частный дом. У нас в Башкирии тоже есть несколько солнечных электростанций. Находится одна в селе Бугульчан в Куюргазинском районе. Это была самая первая солнечная электростанция в Башкирии, строительство началось в 2015г.[1] Затем появилась вторая солнечная электростанция находится она на территории Хайбуллинского района Башкортостана вблизи села Бурибай, она также была введена в эксплуатацию в 2015г.[2]. Третья электростанция находится в с.Исянгулово появилась она в 2017г[3], а уже в 2019г солнечную электростанцию перевели на дистанционное управление. Четвертая находится в Бурзянском районе в эксплуатацию ее ввели совсем недавно в феврале 2020 года.[4]

Для автономного снабжения электроэнергией нужно не только солнечные панели, но и инвертор. Что же такое инвертор и для чего он нужен?

Инвертор – это техническое устройство, которое служит для преобразования постоянного электрического тока, в переменный, используемый для освещения и питания различных приборов и устройств. [5].

Основой любой солнечной электростанции является солнечная панель. Панель, вырабатывает постоянный ток напряжением более низкого порядка, посредством которого заряжаются аккумуляторные батареи, входящие в состав солнечной электростанции (накопители выработанного электричества).

В наше время очень много систем, которые потребляют переменное напряжение 220В. Поэтому необходим инвертор для солнечных батарей, чтобы преобразовать ток в переменный. Солнечные батареи(панели) создают постоянное электричество с напряжением в 12 В и 24 В, а максимальное значение – в 48 В. Как раз-таки инвертор делает эксплуатацию таких батарей пригодным для сети в 220 В.

Солнечная батарея является преобразователем солнечных лучей в электрический ток, параметры к которому подключается устройство, называют инверторами.

### Подключение инвертора к солнечной батарее

Инвертор является таким устройством, который работает в комплекте с другими элементами солнечной электростанции, которыми являются:

Солнечная панель – источник для выработки электрической энергии, он работает только от солнечной энергии;

Контроллер заряда – отвечает за состояние аккумуляторных батарей, контролирует режим их работы — «заряд-разряд»;

Аккумуляторная батарея – накопитель выработанной энергии;

Провода и кабели – это такое соединение, которое обеспечивают все устройства в единую электрическую цепь;

Несущие конструкции – именно они обеспечивают безопасное крепление монтируемого оборудования, есть такие устройства, которые позволяют регулировать положение солнечных панелей в пространстве, в соответствии с расположением солнца.

Солнечная энергетика с каждым днем становится все более популярнее так, как это в первую очередь экологическая чистота, потому что в последнее время борются за сохранение экологии, поэтому солнечная энергетика – это наиболее перспективная отрасль производства. Экономичность, люди, которые установили в частных домах или дачах солнечные батареи, должны были почувствовать существенную разницу в экономии. Бесшумность так, как на солнечном ресурсе нет никаких движущихся узлов, например, как в генераторах. Таким образом инвертор является неотъемлемой частью солнечных батарей. При этом наиболее перспективными являются модели инверторы такого типа, как гибридные, потому что использование такого инвертора, в схемах солнечных электростанций, позволяет осуществлять их работу в автоматическом режиме, что значительно упрощает их использование и расширяет сферу применения.

#### Список литературы

1. Бугульчанская СЭС// Википедия: свободная энциклопедия.  
URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Бугульчанская\\_СЭС](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бугульчанская_СЭС) (Дата обращения 20.03.2023)
2. Бурибаевская СЭС// Википедия: свободная энциклопедия.  
URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Бурибаевская\\_СЭС](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бурибаевская_СЭС) (Дата обращения 20.03.2023г)
3. Исянгулово СЭС// Википедия: свободная энциклопедия.  
URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Исянгулово#Энергетика> (Дата обращения 20.03.2023)
4. Бурзянская СЭС// Википедия: свободная энциклопедия.  
URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Бурзянская\\_СЭС](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бурзянская_СЭС) (Дата обращения 20.03.2023)

*Yushchenko Dmitry Sergeevich, student*

*(mr.ushenko-1@yandex.ru)*

*Don State Technical University*

### DC-TO-AC VOLTAGE CONVERTERS FOR SOLAR PANEL-BASED POWER SUPPLY SYSTEMS

*The relevance of the topic lies in the high rates of development of alternative energy sources, including solar energy, since the sun is not an excellent source of energy, which allows you to produce energy without harm to the environment.*

*Keywords: DC converters, solar panels, power supply, alternative energy sources.*

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

*Ющенко Дмитрий Сергеевич, студент*

*(mr.ushenko-1@yandex.ru)*

*Донской государственный технический университет*

*В данной работе рассматривается создание АСУ энергоснабжения центральной районной больницы города Оренбурга. Исходными данными являются план расположения корпусов больницы и главная схема электро-снабжения, схема ОРУ и питания собственных нужд.*

*Ключевые слова: автоматизация, электроэнергетика, АСУ.*

Основной целью внедрения АСУ, в том числе АСУ энергоснабжения, на предприятиях электросетевого комплекса, предприятий промышленности, добычи полезных ископаемых, медицины является повышение экономичности и надежности функционирования систем энергоснабжения. АСУ позволяют снизить вероятность ошибок персонала при эксплуатации крупных систем энергоснабжения, своевременно получать оперативную информацию о текущем состоянии режимных параметров – мощностей, загрузки элементов схемы, состояния коммутационных аппаратов, величине допустимого резерва мощности, напряжений, температуры, а также осуществлять контроль технического состояния элементов системы энергоснабжения, чтобы предотвращать технологические нарушения и перерывы энергоснабжения по вине собственника энергоустановок.



Рисунок 1. Эталонная модель интегрированной системы управления предприятия

На рисунке 1 приведена иерархическая схема интегрированной системы управления энергоснабжения предприятия, отражающая несколько иерархических уровней комплексной автоматизации работы предприятия, в том числе, автоматизации работы систем энергоснабжения. Интегрированной

автоматизированной системой управления (ИАСУ) называют наиболее сложные системы автоматизированного управления, предназначенные для интеграции нескольких подчиненных систем управления низшего уровня для сведения к единому центру управления всех бизнес-процессов и производственных процессов. Комплексные вертикально интегрированные системы управления предприятием, в том числе системы автоматизированного управления энергетическим хозяйством - или АСУ энергоснабжения, могут быть поделены на пять иерархических уровней:

1. Уровень управления предприятием – реализуются функции поддержки принятия решения, либо автоматического принятия решений по работе предприятия, предиктивная аналитика, традиционная аналитика, отчетность, бизнес-логика. Данный функциональный уровень предназначен для руководителей и реализует обобщенные интеллектуальные функции системы управления предприятия в целом. Пример интегрированной системы управления предприятия уровня предприятия – IBM Watson.

2. Уровень оперативного экономического управления, планирования и контроля производства. На данном уровне реализуются системы класса ERP (enterprise resource planning) – система планирования ресурсов предприятия, EMS – energy management system;

3. Уровень инженеринговой поддержки производственных процессов – программное обеспечение для управления производственными процессами, диспетчеризации, централизованное автоматизированное технологическое управление предприятием: автоматизированные системы диспетчерского и технологического управления (АСДТУ).

4. Уровень локальных АСУТП. Как правило, на одном производственном участке, в рамках сети энергоснабжения больницы, на одной подстанции, электростанции находится одна система АСУТП, основной задачей которой является диспетчерское управление, дистанционное управление оборудованием, а также сбор и передача оперативной информации на верхние уровни;

5. Полевой (нижний) уровень содержит устройства связи с объектом (УСО), выносные шкафы, которые устанавливаются в непосредственной близости от электрооборудования.

Комплексные интегрированные автоматизированные системы управления обычно используются, как правило, в крупных корпорациях. В число задач, решаемых с помощью АСУП, входят оперативное управление технологическими процессами отдельных цехов и производственных площадок, контроль загрузки оборудования, диспетчерское управление и контроль процесса распределения энергии по участкам производства. Внедрение АСУП позволяет добиться наибольшего технико-экономического эффекта при комплексном использовании автоматизации, телемеханизации - сбора информации от удаленных, распределенных контролируемых пунктов (КП), при условии интеграции массива собранных данных в единую систему.

*Список литературы*

1. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.
2. СТО 34.01-21-004-2019 Стандарт организации. ПАО «Россети». Цифровой питающий центр. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжением 110-220 кВ и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ
3. Головкин Сергей Владимирович, Турпищев Шамиль Аббасович, Рогов Андрей Владимирович, Аникеев Алексей Владимирович Автоматизированное рабочее место диспетчера электрических сетей // Вестник АГТУ. 2019. №1 (67).
4. В. Ф. Коротков, А. А. Фомичев, В. В. Никологорский, А. А. Савинов Интеграция автоматизированных систем управления и тренажеров в электроэнергетике // Вестник ИГЭУ. 2006. №4.
5. Гусаров Владимир Александрович Автоматизация централизованного регулирования напряжения с использованием интегрированной АСУ энергоресурсами // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика, телекоммуникации и управление. 2009. №3(80).

*Yushchenko Dmitry Sergeevich, student  
Don State Technical University*

**APPLICATION OF INTEGRATED AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY**

*In this paper, the creation of an automated control system for the power supply of the central district hospital of the city of Orenburg is considered. The initial data are the layout plan of the hospital buildings and the main power supply scheme, the scheme of the ORU and the supply of own needs.*

*Keywords: automation, electric power industry, automated control system.*

**ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЁТА РАЗВЕТВЛЁННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОЗИЦИЙ ФОРМАЛИЗАЦИИ**

*Ющенко Дмитрий Сергеевич, студент  
([mr.ushenko-1@yandex.ru](mailto:mr.ushenko-1@yandex.ru))*

*Донской государственный технический университет*

*В настоящее время существует достаточно много различных методов расчёта электрических цепей, которые позволяют рассчитать любую схему. Часть методов основана на использовании законов Кирхгофа, в других методах используются основные понятия электротехники или оригинальные подходы к расчёту. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Однако часто ставится задача создания алгоритма расчёта и упорядочивания ввода данных для автоматизации расчётных процессов, т.е. формализация расчётов схем электрических цепей или «обезличивания» исходной схемы в целях применения для любых типов электрических цепей.*

*Ключевые слова: электрическая цепь, методы расчёта, законы Кирхгофа, суперпозиция, контурные токи, матрицы, формализация.*

При выполнении расчётов электрических цепей основными задачами являются – обеспечение требуемой точности расчёта, упрощение самого расчёта и возможности проведения расчёта с использованием технических и программных средств. Для этого необходимо обеспечение высокой степени формализации процесса расчёта, т.е. создание алгоритма расчёта и упорядочивания ввода данных на каждом этапе для автоматизации расчётных процессов. Каждый метод расчёта электрической цепи обеспечивает разную степень формализации расчётного процесса. Забегая вперёд, следует отметить, что использование матричных методов расчета позволяет формализовать процесс составления уравнений электрической цепи, а также упорядочить ввод данных, что особенно важно при расчете сложных схем разветвленных линейных электрических цепей [3. с.36].

К основным методам, которые используются при расчёте разветвлённых электрических цепей, относятся:

- метод непосредственного применения законов Кирхгофа [1. с.11];
- метод пропорциональных величин [1. с.14];
- метод контурных токов [1. с.15];
- метод наложения [1. с.19];
- метод двух узлов [1. с.29];
- метод узловых потенциалов [1. с.29];
- метод эквивалентного генератора [1. с.37].

Метод непосредственного применения законов Кирхгофа основан на составлении системы уравнений по первому (для узлов, всех кроме одного) и второму (для контуров) законам Кирхгофа. Количество уравнений должно быть равно количеству неизвестных токов. Решение системы может быть выполнено в матричной форме, когда составляются матрицы – квадратная из коэффициентов системы уравнений или сопротивлений ветвей (левая часть системы), матрица столбец значений ЭДС (правая часть системы) и матрица столбец неизвестных токов [2. с.178].

Уравнение выглядит следующим образом:

$$[R_{\gamma}] \cdot [I_{\gamma}] = [E_{\gamma}] \tag{1}$$

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{\gamma 1} & R_{\gamma 2} & \dots & R_{\gamma n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_n \end{bmatrix} \tag{2}$$

Решение системы уравнений:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{\gamma 1} & R_{\gamma 2} & \dots & R_{\gamma n} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_n \end{bmatrix} \tag{3}$$

Данный метод позволяет рассчитывать схемы электрических цепей любой сложности с достаточной степенью формализации. Это является преимуществом метода.

Метод пропорциональных величин применяется для расчёта электрических цепей, которые состоят только из последовательно и параллельно соединённых сопротивлений и при наличии в цепи только одного источника [1. с.14]. Эта особенность метода не позволяет его использовать для любого типа электрических цепей. Однако метод можно использовать совместно с другими существующими методами, например, методом наложения. Но с другой стороны, такое использование не упрощает расчётов и не позволяет достаточно их формализовать для автоматизации расчётов.

Метод контурных токов основан на использовании второго закона Кирхгофа. Предполагается, что в каждом контуре электрической цепи протекает свой контурный ток. Контурный ток - это некая условная расчётная величина. Уравнения по законам Кирхгофа составляются относительно контурных токов, а затем через них определяются токи ветвей [1. с.15]. Число неизвестных в этом методе равно числу уравнений по второму закону Кирхгофа.

Таким образом, метод контурных токов более экономичен при вычислительной работе, чем метод непосредственного применения законов Кирхгофа, т.к. в нём рассчитывается система уравнений с меньшим их числом.

При использовании метода наложения применяется принцип наложения. Электрическая цепь представляется как наложенные друг на друга схемы цепи при действии каждого отдельно взятого источника. Т.е. сначала рассчитывается электрическая цепь при действии первого источника (исключая их схемы все остальные источники), далее рассчитывается цепь при действии второго источника и т.д. сколько в цепи имеется источников электрической энергии. Затем находятся токи ветвей как алгебраическая сумма токов всех рассчитанных схем [1. с.16]. Достоинством метода является применение его для любых типов схем. Недостатком является громоздкость вычислительной работы, невозможность пользоваться методом для подсчёта выделяемых в сопротивлениях мощностей как суммы мощностей от найденных токов, поскольку мощность является квадратичной функцией тока, и недостаточная возможность формализации в силу уникальности расчёта каждой отдельно составленной частичной схемы.

Метод двух узлов применим только для расчёта электрических схем содержащих два узла и сколько угодно параллельных ветвей. Эта особенность метода лишает его универсальности, т.е. он не применим для любых типов схем электрических цепей [1. с.29].

Более общим методом является метод узловых потенциалов. Суть метода заключается в нахождении потенциалов узлов схемы предварительно заземляя любую одну точку схемы, а далее учитывая, что напряжение по определению – это разность потенциалов, используется закон Ома для нахождения тока для участка цепи [1. с.30]. Число неизвестных потенциалов

равно числу уравнений составляемых по первому закону Кирхгофа. Метод узловых потенциалов, как и метод контурных токов, является одним из основных методов расчёта в силу своей универсальности. Если число узлов без одного меньше числа независимых контуров, то данный метод более экономичен в расчёте, чем метод контурных токов, а так же он хорошо применим для использования матричных расчётов.

Суть метода эквивалентного генератора состоит в том, что по отношению к выделенной ветви (отдельно взятого сопротивления) при расчёте двухполюсника можно заменить эквивалентным генератором, ЭДС которого равна напряжению холостого хода на зажимах выделенной ветви, а внутреннее сопротивление равно входному сопротивлению двухполюсника [1. с.37].

Метод эквивалентного генератора применим для любых типов схем электрических цепей, а недостатком является нахождение только одного тока (для нахождения всех токов придется повторить расчёт для каждого тока) и трехэтапный расчёт, т.е. громоздкость и не экономичность вычислительного процесса.

Из всех рассмотренных методов расчёта электрических цепей с позиций формализации можно выделить три метода - непосредственно по законам Кирхгофа, методы контурных токов и узловых потенциалов. Эти методы позволяют принципиально рассчитать любую схему. Использование матричных методов расчета позволяет формализовать процесс составления уравнений расчётных схем, а также упорядочить ввод данных при автоматизации расчётных процессов, что особенно важно при расчете сложных разветвленных схем электрических цепей.

#### *Список литературы*

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – 7-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. Школа, 1978. — 528 с.

2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. 5-е изд. Т.1 – СПб.: Питер. – 512 с.

3. Петрова В.Ю. Формализация методики расчёта переходного режима электроэнергетического объекта // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. – 2011. - № 3. [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formalizatsiya-metodiki-rascheta-perehodnogo-rezhima-elektroenergeticheskogo-obekta/viewer> (дата обращения 20.03.2023)

*Yushchenko Dmitry Sergeevich, student  
Don State Technical University*

### **REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR CALCULATING BRANCHED LINEAR DC ELECTRICAL CIRCUITS FROM THE STANDPOINT OF FORMALIZATION**

*Currently, there are quite a lot of different methods for calculating electrical circuits that allow you to calculate any circuit. Some of the methods are based on the use of Kirchhoff's laws, while other methods use basic concepts of electrical engineering or original approaches to calculation. Each of the methods has its advantages and disadvantages. However, the task is often set to create an algorithm for calculating and ordering data entry to automate calcu-*

*lation processes, i.e. formalization of calculations of circuits of electrical circuits or "depersonalization" of the original circuit in order to apply for all types of electrical circuits.*

*Keywords: electric circuit, calculation methods, Kirchhoff's laws, superposition, contour currents, matrices, formalization.*

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

**Ярыгина Ирина Викторовна, к.с.-х.н.**

*(e-mail: yarygina-irina@rambler.ru)*

**Галкин Александр Иванович, студент**

*(e-mail: sasha.galkin4230@gmail.com)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И.Иванова*

*В статье рассматриваются информационные технологии, которые произвели революцию почти во всех отраслях промышленности мира, и электроэнергетика не является исключением. От ранних автоматизированных систем до интеграции возобновляемых источников энергии и Интернета вещей использование технологий резко изменило способы производства, распределения и управления электричеством.*

*Ключевые слова: технологии энергетика, энергоресурсы, электротехнологии, электрооборудование.*

Современная энергетика переживает свое перерождение, она модернизируется очень стремительными темпами, поскольку того требует потребительский спрос.

Быстрее всего новые технологии в электроэнергетике развиваются на Западе, поскольку там уже давно и потребители и правительство обеспокоены проблемой экономного и безопасного использования ресурсов [1].

В России процесс обновления и совершенствования существующих централизованных сетей ведется не очень активно, но вполне высокими темпами модернизируются локальные сети электрификации, отопления и водоснабжения.

Такая тенденция связана с ростом тарифов на коммунальные услуги и желанием населения переходить на самостоятельное обеспечение жилых и коммерческих строений всеми энергоресурсами. Однако на уровне централизованных сетей хоть и не так активно, но все же ведутся разработки.

Поскольку привычные для всех централизованные системы электро- и газоснабжения были построены достаточно давно, большинство из них нуждается не просто в ремонте, а в полной замене [2].

Причин тому несколько, основные из них – изношенность, опасность для человека и окружающей среды, невысокая производительность.

Кроме того, многие ТЭЦ на данный момент работают в конденсационном режиме, это обусловлено широким распространением локальных котельных.

Процесс децентрализации электрического и теплового снабжения на данный момент не обратим, поскольку содержание и обслуживание локальных

установок обходится потребителям дешевле, чем потребление ресурсов от централизованных магистралей.

Стоимость тепловой и электрической энергии от центральных поставщиков растет с каждым годом, поскольку установки на станциях изнашиваются и их эффективность ничтожно мала [3].

Следовательно, нужны новые технологии в электроэнергетике, которые помогут урегулировать энергетическую загрузку, повысить эффективность станций централизованного снабжения и децентрализованно контролировать присоединенные локальные нагрузки [4].

Факторы, определяющие развитие новых технологий:

- объем потребления электро- и тепловой энергии, который в последнее время падает;
- структура потребления, меняющаяся в сторону децентрализованного потребления;
- топливная политика, которая базируется на отказе от угля, газа и атомной энергии, и переход на принципиально новые источники;
- автоматизация систем управления и мониторинга.

Исходя из этих факторов, можно сделать вывод, что уже в скором будущем будет осуществлен переход на комбинированную систему централизованного и децентрализованного энергоснабжения.

В то же время люди откажутся от традиционных источников энергии, которые вредят их здоровью и разрушительно действуют на окружающую среду, вместо морально устаревших и неэффективных ресурсов будут использоваться более продуктивные источники, например метан и водород.

Предположительно, новые технологии в электроэнергетике начнут стремительно развиваться через 20 лет, и уже через 60 лет мир увидит принципиально новые системы и методы управления ими.

Новые технологии нужно ввести в таких сегментах:

- частный сектор;
- сети;
- локальная генерация;
- промышленные емкостные конденсаторы (накопители);
- теплоснабжение.

Стоит отметить, что работы по введению инноваций в каждый из секторов ведутся и в наше время, но разработки еще не нашли массового признания и широкого распространения.

Рассмотрим каждую категорию более подробно, чтобы понять, как новые технологии в электроэнергетике помогут их совершенствовать.

Энергосберегающие инновации в частном секторе помогут потребителям значительно сократить расходы на коммунальные платежи. Для осуществления этой задачи сейчас разрабатываются солнечные панели, ветрогенераторы, системы климат-контроля, домашние генераторы, умные дома, элементы отопления, аккумуляторы, тепловая изоляция, строительные материалы с повышенными характеристиками эксплуатации.

Сети модернизировать нужно прежде всего для повышения их эффективности, безопасности и возможности управлять децентрализованной присоединенной нагрузкой.

Для достижения этих целей нужны автоматические и автоматизированные системы управления, новые сетевые технологии и микросетевые комплексы.

Локальная генерация должна развивать строительство электрических и тепловых станций, которые работают на альтернативных источниках энергии, например, это солнечные панели, ветровые генераторы, малые ГЭС, приливная энергетика, биогенерация, геотермальная энергетика, мусорная генерация, водородные генераторы малой мощности, малые термоядерные установки.

Промышленные накопители модернизируются очень стремительно, соответственно, растет и их популярность среди владельцев жилых и коммерческих помещений. С изобретением новых технологий в этом секторе значительно уменьшается стоимость готовой продукции, потому эксперты прогнозируют, что себестоимость конденсаторов через 1-2 года будет составлять полтора-два доллара за 1 МВт [5].

Теплоснабжению необходима модернизация в сфере учета, контроля, мониторинга и управления децентрализованными сетями и оптимизации конфигурации систем нагрузки.

Современный мир, пестрит разнообразными новинками электроники и электротехники. Каждый день на разнообразных ярмарках и выставках можно увидеть разработки, которые в прямом смысле слова меняют представление о будущем.

Зарождение электротехники началось на пороге XVIII века, когда первые прототипы электромашин начали повсеместно применяться как в медицине, так и на производстве.

Первооткрывателями этого направления можно считать французов, которые ставили опыты по намагничиванию предметов, и писали труды о «биологическом электричестве».

Электротехника же, как обособленный вид науки, появилась в начале XX века, когда начали использовать электричество для освещения улиц городов и передачи информации.

Электромеханика позволила создать более совершенные инструменты и агрегаты, которые не только упрощали работу персонала на производственных линиях, но и позволяли выполнять работу с большей точностью и качеством.

Примечательно, что открытие электромагнетизма, позволило создать первый в мире полноценный электродвигатель, а уже через 3 года эти агрегаты стали повсеместно применять ведущие компании мира.

#### *Список литературы*

1. Коняева О.Н., Коняев Н.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве// В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 325-328.

2. Коняева О.Н., Володьков Д.М., Коняев Н.В. Энергосберегающие источники света -экономия энергоресурсов//В сборнике: Проектирование и строительство. Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Редколлегия: С.В. Дубраков (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 58-61.

3. Коняев Н.В., Михалев Д.С. К экономии электроэнергии в системах освящения//В сборнике: Строительство и реконструкция// Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. 2020. С.107-110.

4. Ярыгина И.В. Инженерная экология в современном виде// В сборнике: Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2020. С. 242-244.

5. Скворцов А.С., Ярыгина И.В.Производственный экологический контроль на предприятии//В сборнике: Поколение будущего: взгляд молодых ученых. сборник научных статей 4-й международной молодежной научной конференции: в 3 томах. 2016. С. 152-153.

6. Повышение эффективности работы инженерной службы перерабатывающих предприятий/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК. материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 54-55.

7. Система менеджмента качества в модернизации перерабатывающей промышленности/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 263-265.

8. Инженерная экология в современном мире/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства. материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2020. С. 242-244.

9. Экологическая безопасность предприятия/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 473-475.

10. Направления совершенствования производства в растениеводстве/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Растениеводство и луговое хозяйство. сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. 2020. С. 20-21.

11. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

12. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

13. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

14. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодеж-

ная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

15. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

**Yarygina Irina Viktorovna**, Ph.D. Sciences

(e-mail: yarygina-irina@rambler.ru)

**Galkin Alexander Ivanovich**, student

(e-mail: sasha.galkin4230@gmail.com )

Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov

#### **NEW TECHNOLOGIES IN THE POWER INDUSTRY**

*The article discusses information technologies that have revolutionized almost all industries in the world, and the electric power industry is no exception. From early automated systems to the integration of renewable energy and the Internet of Things, the use of technology has dramatically changed the way electricity is produced, distributed and managed.*

**Key words:** energy technologies, energy resources, electrical technologies, electrical equipment.

### **ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Ярыгина Ирина Викторовна**, к.с.-х.н.

(e-mail: yarygina-irina@rambler.ru)

**Галкин Александр Иванович**, студент

(e-mail: sasha.galkin4230@gmail.com)

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И.Иванова*

*В статье говорится о том, что создание системы управления качеством электроэнергии предусматривает выполнение ряда общеизвестных требований, обеспечивающих управляемость объектом, одним из которых является формирование структуры управления качеством электроэнергии.*

*Ключевые слова: управление качеством, структура, метрологическая служба, технические условия, лаборатория.*

Управление качеством электроэнергии на уровне территориальной сетевой организации возможно одним из двух способов.

Первый заключается в четком распределении функций и задач управления качеством электроэнергии между существующими структурными подразделениями. При этом не создается специализированное структурное подразделение управления качеством электроэнергии.

Второй предполагает в дополнение к первому варианту выделение функций координации и организационно-методического обеспечения и

создание специального структурного подразделения управления качеством электрической энергии [1].

Каждый из этих двух вариантов имеет свои преимущества и свои недостатки. Так, преимущество первого варианта заключается в том, что все участники производственного процесса несут ответственность за качество электроэнергии. Ни у кого не возникает вопросов, что кто-то другой за все отвечает и должен решать все вопросы, связанные с качеством электроэнергии.

Недостаток состоит в том, что ряд координирующих функций никто не выполняет, никто не решает организационных и методических вопросов общего характера [2].

Дополнительные обязанности выполнения процедур управления качеством электроэнергии распределяются между техническими отделами предприятия (ПТО, ОДС, метрологическая служба и т. д.). Общая ответственность за организацию и контроль за выполнением процедур возлагается на главного инженера (заместителя генерального директора по техническим вопросам) [3].

Данная структура не показала себя как рабочий вариант, так как в большинстве случаев главный инженер и без того перегружен решением различного рода проблем.

Второй вариант лишен указанного недостатка, так как функции управления и контроля над процессами управления качеством электрической энергии возлагаются на Базовую организацию метрологической службы (БОМС). При этом в организации создается испытательная лаборатория по контролю качества электрической энергии, находящаяся в прямом подчинении БОМС. К сожалению, в этом случае у части работников организации нередко возникает чувство, что есть специально выделенные люди, которые и должны решать все проблемы, связанные с качеством электроэнергии, т. е. снижается ответственность каждого работника за качество электрической энергии. Данная структура показала себя как рабочий вариант, но КПД такой структуры мог быть и выше [4].

Наиболее оптимальным решением является создание на предприятии отдела качества, занимающегося вопросами системы менеджмента качества, которые, к сожалению, зачастую сводятся к контролю за документооборотом внутри предприятия [5].

Наиболее оптимальной структурой распределения обязанностей видится следующая:

Отдел качества, находящийся в непосредственном подчинении у генерального директора (или главного инженера). Функции отдела — организация, контроль за выполнением процессами управления качеством электроэнергии, мониторинг, анализ и разработка предложений по улучшению качества электроэнергии.

Отдел качества непосредственно доводит до руководства результаты анализа проведенной работы, а также предложения по улучшению качества электроэнергии (рис. 1) [6]:

- испытательная лаборатория по контролю качества электроэнергии. Функции лаборатории — проведение испытаний;
- БОМС. Функции БОМС — обеспечение своевременной поверки СИ, ТН и ТТ;
- отдел технологических присоединений. Функции отдела — выдача технических условий на технологическое присоединение, в соответствии с требованиями к показателям качества электроэнергии;
- диспетчерская служба. Функции службы — управление технологическим процессом;
- служба режимов в ОДС. Функции службы — ведение базы данных распределительных сетей, проведение расчетов потерь напряжения;
- служба распределительных сетей, служба эксплуатации подстанций — СЭП (комплексная служба подстанций — КГП). Функции службы — сбор и передача информации в службу режимов об измеренных нагрузках, изменениях в схемах и данных о сезонном переключении устройства переключения без возбуждения (ПБВ);
- служба транспорта электрической энергии. Функции службы — регистрация жалоб и контроль за их исполнением. Служба несет ответственность за организацию мероприятий по сбору исходных данных, подтверждению или опровержению причин, явившихся предметом обращения, — жалобы на качество передаваемой электроэнергии, а также формирование аргументированного ответа на обращение — жалобу.

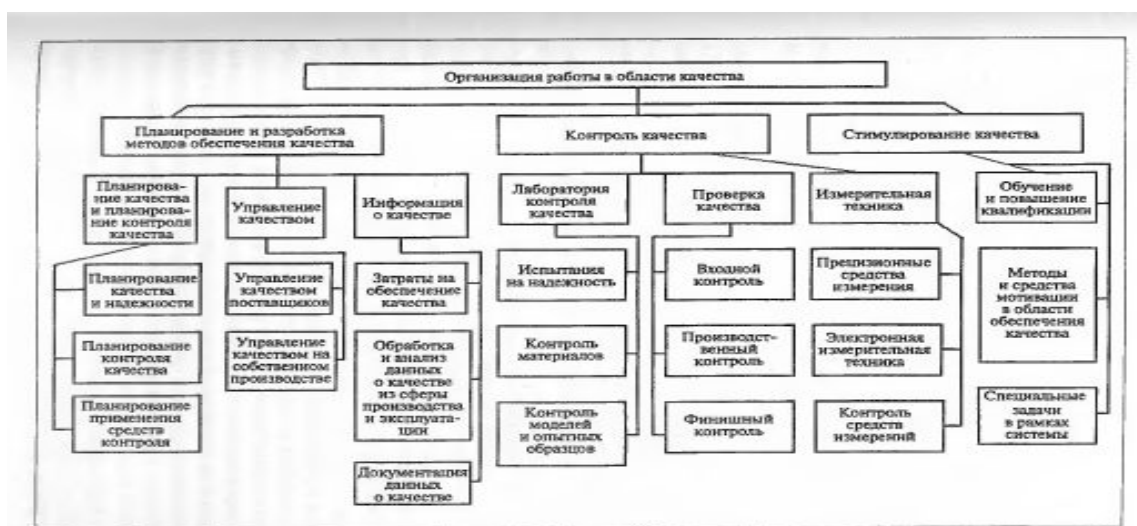


Рисунок 1 - Структурное распределение обязанностей

В любом варианте общее руководство системой управления качеством должен возглавлять руководитель организации, отвечающий за всю деятельность организации и за экономические результаты, которые в условиях

вводимой системы тарифного регулирования в электрических сетях RAB (Regulatory Asset Base — регулируемая база задействованного капитала) не могут быть высокими при «плохом» качестве электроэнергии. Практическое руководство созданием и функционированием системы управления качеством электроэнергии осуществляет один из заместителей первого руководителя, которому поручена эта работа.

*Список литературы*

1. Коняева О.Н., Володьков Д.М., Коняев Н.В. Энергосберегающие источники света -экономия энергоресурсов//В сборнике: Проектирование и строительство. Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Редколлегия: С.В. Дубраков (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 58-61.
2. Коняев Н.В., Михалев Д.С. К экономии электроэнергии в системах освещения//В сборнике: Строительство и реконструкция//Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. 2020. С.107-110.
3. Ярыгина И.В. Стандартизация электроэнергии, как фактор обеспечивающий ее качество// В сборнике: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. сборник научных статей Международной научно-технической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск, 2022. С. 177-179.
4. Ярыгина И.В., Попов А.А.// Гармонизация нормативно-методического обеспечения организаций//В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный за выпуск С.Н. Петрова. Курск, 2021. С. 352-355.
5. Ярыгина И.В. Процедура метрологической экспертизы измерительных приборов//В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК. Материалы II Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 317-321.
6. Ярыгина И.В., Белозерова Н.В., Дьякова И.А. Перспективные направления развития факторов качества, в конкретных условиях производства// В сборнике: Техника и технологии: Пути инновационного развития. Сборник научных статей 11-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 303-306.
7. Повышение эффективности работы инженерной службы перерабатывающих предприятий/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК. материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 54-55.
8. Система менеджмента качества в модернизации перерабатывающей промышленности/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 263-265.
9. Инженерная экология в современном мире/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства. материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2020. С. 242-244.
10. Экологическая безопасность предприятия/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 473-475.

11. Направления совершенствования производства в растениеводстве/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Растениеводство и луговое хозяйство. сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. 2020. С. 20-21.

12. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

13. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

14. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

15. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

16. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

***Yarygina Irina Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences***

*(e-mail: yarygina-irina@rambler.ru )*

***Galkin Alexander Ivanovich, student***

*(e-mail: sasha.galkin4230@gmail.com )*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I.Ivanov*

#### **FORMATION OF THE ELECTRICITY QUALITY MANAGEMENT STRUCTURE**

*Abstract: The article says that the creation of an electricity quality management system provides for the fulfillment of a number of well-known requirements that ensure the controllability of the facility, one of which is the formation of an electricity quality management structure.*

*Keywords: quality management, structure, metrological service, technical conditions, laboratory.*

**ЭНЕРГОСЕБЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

**Ярыгина Ирина Викторовна, к.с.-х.н.**

*(e-mail: yarygina-irina@rambler.ru)*

**Галкин Александр Иванович, студент**

*(e-mail: sasha.galkin4230@gmail.com)*

*Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И.Иванова*

*Сохранение природных ресурсов, их разумное и экономное использование — одна из задач экологии, которая должна решаться всем человечеством. Один из самых простых способов уменьшить загрязнения окружающей среды — беречь энергию, расходовать её более экономно.*

*Ключевые слова: энергосбережение, экология, энергетическая эффективность, загрязнители.*

Энергосбережение и экология - это жизненно важный фактор во всём мире. Обусловлено это существенным дефицитом электрической энергии.

Ежегодно энергосбережение и экология становится актуальным для нашего мира сегодня.

Цена на природные запасы всё время растёт, а их количество только лишь уменьшается. Растут цены на потребляемую нами электрическую энергию, а экологическая обстановка в мире становится хуже [1].

Многие могут задать совсем логичный вопрос: какое взаимодействие может быть между экологией и электроэнергией? В нынешнее время она видна, как никогда лучше. И многие эксперты утверждают, что связь есть. Если в промышленности это заметно и очевидно, то в быту прослеживается второстепенная взаимосвязь.

В нынешнее время энергосберегающие технологии применяются на много чаще, что позволяет существенно уменьшить расходы на электрическую энергию. Это минимизирует вредное влияние на природу, и это совсем не удивительно, – ведь каждый из нас стремится жить в прекрасном и чистом мире. Поэтому часто возникают мысли о том, что необходимо ценить чистую воду и воздух, натуральные продукты, а также здоровую окружающую нас природу [2].

Сегодня человечество наконец-то научилось понимать, что от качества воды и воздуха напрямую зависит его здоровье в будущем. В связи с этим энергосбережение и экология в нынешнее время стоит на первом месте.

Каждый из нас ежедневно использует все находки общества, при этом, оставляя свой «экологический след» от этого. Все они основаны на потреблении энергии.

Тепловые электростанции, вырабатывающие электроэнергию для всего нашего электрического оборудования, которым мы пользуемся каждый день, являются первыми в списке самых загрязняющих производств. Своей работой они оказывают невозвратимый ущерб экологии. В связи с этим

использовать тепловую и электрическую энергию следует целесообразно. Только так можно минимизировать ущерб природе [4].

А если проект на электроснабжение будет выполнен высококвалифицированными мастерами, то это даст возможность оптимизировать электрическую составляющую вашего производства, офиса, квартиры, либо же дома.

Следовательно, энергосбережение и экология являются ничем иным, как заботой о планете, а также сохранность наших финансов.

Платёжки за пользование электричеством ежемесячно «съедают» весомую часть семейного либо производственного бюджета. Поэтому рациональнее всего переходить на современные экологические световые решения. Это позволит не только лишь его улучшить, но и снизить выбросы углекислого газа при его изготовлении [5].

Основные загрязнители окружающей среды в России

Загрязнителями окружающей среды, бесспорно, на первом месте являются предприятия теплоэнергетического комплекса [6]:

- 27 % загрязнённых стоков;
- 48% выбросов вредных веществ;
- 70 % объёма парниковых газов;
- 30% вредных отходов;
- 72 % выделения оксида азота.

Только лишь с помощью повсеместного энергосбережения нам удастся достичь экономического и экологического эффекта, при этом, никак не ущемляя интересы самого общества.

Благодаря стремительному развитию технологического прогресса, сегодня мы видим много способов экономии, благодаря которым экономический эффект становится заметным и ощутимым. Ведь замена ламп накаливания в своём доме или на производстве на светодиодное освещение не способна полностью решить эту проблему [3].

На предприятиях для энергосбережения необходимо выполнить качественное проектирование всей сети электричества. Это даст возможность уменьшить время и деньги для энергосберегающих проектов в будущем [7].

Энергосбережение каждого дома зависит только лишь от его владельца. Но эксплуатация высокотехнологичных современных приборов вместе с изменением наших привычек позволит нам сберечь до 40 процентов электрической энергии.

Также, грамотно составленный электронный проект даст возможность эффективно использовать всё электрооборудование. А это, в свою очередь, только лишь увеличит экономию.

При помощи энергетически эффективных современных технологий удастся снизить потребление электричества и тепловой энергии. Это приведёт к тому, что электростанции будут вырабатывать меньший объём энергии, тем самым сжигая расход газа. Это позволит уменьшить загрязнение атмо-

сферы. Такое отношение к проблеме энергосбережения и экологии позволит сделать природу на много чище. Жить станет намного комфортнее и приятнее.

Какая выгода от энергосберегающих и экологосберегающих технологий?

Подводя итоги, можно сказать, что все мероприятия, направленные на энергосбережение поспособствуют следующему:

- сокращению расходов за электрическую энергию;
- экономическому расходу природных ресурсов (газа, нефти и угля);
- уменьшению вредных выбросов в атмосферу;
- снижению вреда нашему здоровью.

Использование современных энергоэффективных машин, оборудования, бытовых устройств, нестандартных источников энергии, новые виды топлива, активные энергосберегающие мероприятия и многое другое – всё это поможет заменить энергоресурсы, добыча и переработка которых очень сильно вредят окружающей среде и каждому из нас.

#### *Список литературы*

1. Коняева О.Н., Коняев Н.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве// В сборнике: Проблемы развития современного общества. Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. Под редакцией: В.М. Кузьминой. Курск, 2023. С. 325-328.

2. Коняева О.Н., Володьков Д.М., Коняев Н.В. Энергосберегающие источники света -экономия энергоресурсов//В сборнике: Проектирование и строительство. Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Редколлегия: С.В. Дубраков (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 58-61.

3. Коняев Н.В., Михалев Д.С. К экономии электроэнергии в системах освещения//В сборнике: Строительство и реконструкция. сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. 2020. С.107-110.

4. Ярыгина И.В. Инженерная экология в современном виде// В сборнике: Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2020. С. 242-244.

5. Конорев Г.Г., Ярыгина И.В. Экологическая ситуация на предприятиях по производству сырной продукции//В сборнике: Юность и знания - гарантия успеха - 2019. сборник научных трудов 6-й Международной молодежной научной конференции. Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 97-99.

6. Целиков Д.Н., Ярыгина И.В. Система экологического менеджмента, основанная на стандартах серии ИСО 1400, как способ управления окружающей средой//В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых- 2017. Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2017. С. 366-369.

7. Скворцов А.С., Ярыгина И.В.Производственный экологический контроль на предприятии//В сборнике: Поколение будущего: взгляд молодых ученых. сборник научных статей 4-й международной молодежной научной конференции: в 3 томах. 2016. С. 152-153.

8. Повышение эффективности работы инженерной службы перерабатывающих предприятий/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Актуальные проблемы инженерно-

технического обеспечения АПК. материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 54-55.

9. Система менеджмента качества в модернизации перерабатывающей промышленности/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса. материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2016. С. 263-265.

10. Инженерная экология в современном мире/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства. материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик, 2020. С. 242-244.

11. Экологическая безопасность предприятия/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Отв. редактор Т.Х. Жураев. 2020. С. 473-475.

12. Направления совершенствования производства в растениеводстве/ Ярыгина И.В.// В сборнике: Растениеводство и луговое хозяйство. сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. 2020. С. 20-21.

13. Инновационные технологии в теплоэнергетике/ Мамонова Л.Г., Волков П.А.// В сборнике: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. материалы Международной научно-практической конференции. Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. 2015. С. 59-61.

14. Распределенная генерация для АПК/ Михалев Д.С., Исмаилов А.И., Коняев Н.В.// В сборнике: Наука молодых - будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2019. С. 127-130.

15. Повышение энергетической эффективности электроэнергетики/ Мамонова Л.Г., Плаксин Е.А.// В сборнике: Агропромышленный комплекс: контуры будущего. Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 240-242.

16. Мероприятия и средства повышения эффективности работы сетей 10 кв/ Селиванов Е.Г., Чернышов М.А., Шинаков Я.В., Гнездилова Ю.П.// В сборнике: Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 121-125.

17. Современная коммутационная аппаратура как один из способов достижения надежности/ Мясоедова М.А., Васюков И.С.// В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 362-365.

*Yarygina Irina Viktorovna, Ph.D. Sciences*

*Galkin Alexander Ivanovich, student*

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*

#### **ENERGY SAVING AND ECOLOGY IN THE MODERN WORLD**

*Relevance: Preservation of natural resources, their reasonable and economical use is one of the tasks of ecology, which must be solved by all mankind. One of the easiest ways to reduce environmental pollution is to conserve energy, to spend it more economically.*

*Key words: energy saving, ecology, energy efficiency, pollutants.*

*Научное издание*

2-я Международная  
научно-техническая конференция

# **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**

сборник научных статей

**24 марта 2023 года**

ISBN 978-5-907710-59-7



Подписано в печать 31.03.2023 г.  
Формат 60x84 1/16, Бумага офисная  
Уч.-изд. л. 23,3 Усл. печ. л. 21,1 Тираж 100 экз. Заказ № 1809

Отпечатано в типографии  
Закрытое акционерное общество "Университетская книга"  
305018, г. Курск, ул. Монтажников, д.12  
ИНН 4632047762 ОГРН 1044637037829 дата регистрации 23.11.2004 г.  
Телефон +7-910-730-82-83