

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ СИГРЭ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Казанский государственный энергетический университет»**

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ  
X МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ  
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

25–27 марта 2015 г.

Казань

В трех томах

*Под общей редакцией  
ректора КГЭУ  
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 1

Казань 2015

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2  
М34

*Рецензенты:*

заведующий лабораторией Академэнерго,  
доктор технических наук *Р.Г. Мингалеева*;  
проректор по НР КГЭУ,  
кандидат технических наук *Э.В. Шамсутдинов*

**М34**      **Материалы докладов X Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 304 с.**

**ISBN 978-5-89873-430-5**

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электро-механики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2

*Редакционная коллегия:*

канд. техн. наук Э.Ю. АБДУЛЛАЗЯНОВ (гл. редактор); канд. техн. наук, Э.В. ШАМСУТДИНОВ (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук, проф. Н.Д. ЧИЧИРОВА; д-р физ.-мат. наук А.С. Ситдинов; канд. физ.-мат. наук, доц. Ю.Н. СМИРНОВ; канд. техн. наук, доц. Е.Е. КОСТЫЛЕВА

*Материалы докладов публикуются в авторской редакции.*

*Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов*

**ISBN 978-5-89873-430-5**

© Казанский государственный  
энергетический ун-т, 2015

**НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ**

**СЕКЦИЯ 1: СИСТЕМНАЯ АВТОМАТИКА, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА  
И ПРОТИВОАВАРИЙНОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

УДК 614.842.435

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА  
ПОДСТАНЦИЙ**

АБДРАХМАНОВ А.Х., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ГУБАЕВ Д.Ф.

Трансформаторные подстанции относятся к объектам повышенной пожароопасности. Возгорание на таких электроустановках может возникнуть по множеству причин: проведения сварочных работ, течи масла из масляных высоковольтных выключателей, трансформаторов тока и напряжения, силовых трансформаторов, маслонаполненных кабелей. Последствия возгорания энергетических объектов могут привести: к угрозе жизни людей, экологическим последствиям для окружающей среды, перебоям в энергоснабжении и большим убыткам как для сетевой организации, так и для потребителей электрической энергии.

Минимизирующие данные риски современные системы автоматического пожаротушения в трансформаторных подстанциях состоят из модулей с огнетушащим веществом, системы трубопроводов с насадками-распылителями, а также логики, определяющей факт и место возникновения пожара и запускающей систему автоматического пожаротушения. Подобные автоматические установки, согласно нормам пожарной безопасности, предусматриваются на подстанциях с трансформаторами мощностью выше 200 МВА, однако подстанции с трансформаторами меньшей мощности не предполагают наличие таких систем.

В работе же предлагается оснащать подстанции напряжением 35–110 кВ трехдиапазонными инфракрасными детекторами пламени, быстро и с высокой чувствительностью реагирующими на возникновение очага возгорания. Интеграция сигналов с этих датчиков с основными и резервными защитами электротехнического оборудования даст возможность мгновенно оповещать оперативный персонал и формировать эффективные управ-

ляющие воздействия на отключение оборудования и на запуск автоматической системы пожаротушения в случаях возникновения пожара.

Принятие таких мер позволит снизить риск пожароопасных ситуаций и существенно смягчить последствия в случае возникновения пожара на подстанции.

УДК 621.316.925

## **РЕЖИМЫ РАБОТЫ НЕЙТРАЛИ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ**

АХАТОВ Д.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

Способ заземления нейтрали сети является достаточно важной характеристикой. Он определяет: Ток в месте повреждения и перенапряжения на неповрежденных фазах при однофазном замыкании; Схему построения релейной защиты от замыканий на землю; Уровень изоляции электрооборудования; Выбор аппаратов для защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений (ограничителей перенапряжений); Бесперебойность электроснабжения.

Сети 6–35 кВ в России работают с изолированной или резонансно-компенсированной нейтралью. Они характеризуются малыми токами при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ). С середины 1990-х гг. допускается заземление нейтрали в сетях среднего напряжения через активное сопротивление (резистор). В режимах с резистивным заземлением нейтрали, в зависимости от параметров питающей сети и сопротивления заземляющего резистора, значения тока замыкания на землю могут находиться в широких пределах от 4 до 40 А и до 1000 А в новых городских кабельных сетях. Широко распространена система изолированной нейтрали и система компенсированной через дугогасящий реактор (ДГР) нейтрали сетей 6–35 кВ. Основным достоинством таких систем заземления нейтрали является то, что в режиме однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) представляется возможным определенное время осуществлять электроснабжение потребителей без отключения поврежденного участка сети. Однако отмеченное преимущество всегда сопровождается негативными явлениями: при металлическом ОЗЗ напряжение на неповрежденных фазах повышается до линейного; возможно возникновение значительных дуговых перенапряже-

ний, которые могут вызвать переход ОЗЗ в двухфазные и трехфазные замыкания, множественные повреждения изоляции; режим ОЗЗ может приводить к развитию феррорезонансных явлений и повреждению трансформаторов напряжения, ОЗЗ сопровождается малыми токами замыкания на землю, что исключает возможность создания простой, надежной и селективной защиты, способной выявить поврежденные присоединения; повышается опасность поражения людей.

Проведены исследования по выявлению условий надежной работы РЗиА при различных системах нейтрали трансформатора и виды защит от ОЗЗ.

УДК 53.089.6

## **ПРОБЛЕМА КАЛИБРОВКИ ТЕРМОПОДВЕСОК ТУР-01 ДЛЯ ГЛУБОКИХ ЗЕРНОВЫХ СИЛОСОВ**

БИСВАС К., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КОРНИЛОВ В.Ю.

Термоподвеска ТУР-01 (ООО Предприятие «Контакт-1», Россия, 390010, г. Рязань) предназначена для непрерывного циклического многозонного измерения температуры и уровня сыпучих продуктов в силосах элеваторов и прочих технологических бункерах и емкостях в составе систем автоматизированного управления.

В докладе рассматриваются проблемные вопросы, возникающие при калибровке датчиков уровня ТУР-01 для глубоких бункеров.

При калибровке линейки датчиков уровня необходимо зафиксировать показания, снимаемые с первого датчика, который может располагаться на глубине до 30 м от верхнего края бункера. При этом бункер должен быть заполнен не более, чем на 10÷15 см выше уровня первого датчика. Соблюдение данных условий на производстве напрямую зависит от значения диэлектрической проницаемости зерна конкретной партии, а также от точности заполнения зерном нижней секции бункера.

В докладе обосновывается методика калибровки датчиков уровня на примере термоподвески ТУР-01, отличающаяся введением в систему независимого калибровочного датчика и лазерного дальномера.

УДК 621.316.925

## **ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

ГАЛИЕВА Г.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ГУБАЕВ Д.Ф.

Перенапряжения в электрических сетях с изолированной нейтралью довольно часто встречающееся явление. Перенапряжения могут быть следствием различных коммутационных процессов.

Одно из самых распространенных причин возникновения перенапряжений – однофазные металлические замыкания на землю и их разновидность – дуговые замыкания на землю. Уровень перенапряжения при этом может достигать величину до 3-5 номинального напряжения сети. Такое увеличение напряжения наблюдается при первом зажигании дуги, однако горение дуги, как правило, сопровождается многократными зажиганиями и погасаниями, что приводит к еще большим перенапряжениям.

Работа сети с замкнувшейся на землю фазой допускается в течение времени, как правило, достаточного для выявления повреждённого элемента сети и его вывода в ремонт, перевода потребителей на другой источник питания. Между тем длительное присутствие ОЗЗ в сети нередко служит причиной развития повреждения с последующим переходом в аварийное состояние из-за отсутствия эффективной защиты от однофазных замыканий на землю.

На подстанциях рассматриваемого класса напряжения вообще отсутствует селективная защита от ОЗЗ. Есть, как правило, только сигнализация по напряжению и току нулевой последовательности. Повреждённое присоединение приходится выявлять путём поочерёдного отключения потребителей. Задача совершенствования защит от замыканий на землю в рассматриваемых сетях является весьма актуальной проблемой в энергетической отрасли.

В настоящее время формируется статистика аварийных отключений в кабельных сетях 6-10 кВ НЧЭС ОАО «Сетевая компания». На основании полученных данных будет выполнен анализ причин аварийных отключений.

Принципиально новые возможности для организации защиты от замыканий на землю появляются при низкоомном резистивном заземлении нейтрали сети. Наличие в нейтрали сети заземляющего резистора приводит к увеличению активной составляющей тока замыкания на землю, что даёт возможность построения селективной защиты от замыканий на землю.

Целью работы является проведение расчетов, анализа перенапряжений, возникающих при ОЗЗ и совершенствование защит от однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.

УДК 621.316.925

## **ВЛИЯНИЕ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ЭНЕРГОСИСТЕМУ**

ГАЛЛЯМОВА Л.Х., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. КРИВОШЕЕВ С.Е.

Вследствие большой территории страны присоединение потребителей происходит в разных точках электрической сети, часто удаленных от «центров генерации». Эта проблема решается главным образом средствами малой энергетики.

Распределенная энергетика – это сектор электроэнергетического комплекса, включающий в себя малые генерирующие установки, в том числе не подключенные к централизованным электросетям, функционирующие на основе традиционных видов топлива и на основе возобновляемых источников энергии и производящих электроэнергию в непосредственной близости к месту потребления. Благодаря применению технологий распределенной генерации решаются проблемы поддержания показателей качества электроэнергии в допустимых пределах, снабжение потребителей, удаленных от центров питания. В работе рассматривается современное состояние российской электроэнергетики и влияние на неё объектов малой генерации.

УДК 681.5

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

ГОНЧАРЕНКО Г.И., (ф) УГНТУ, г. Стерлитамак  
Науч. рук. асс. ИВАНОВ Н.С.

В связи с возрастающим использованием энергонасыщенных технологий и опасных веществ, возрастает и потенциальная угроза для жизни людей, окружающей среды, производства. Вследствие этого разработка новых способов оценки технического состояния оборудования становится необходимым для достижения высокого уровня промышленной безопасности. На сегодняшний день, система планово-предупредительные обслужи-

вания и ремонта оборудования существенно уменьшает вероятность аварий, но не может гарантировать безаварийную работу оборудования в межремонтный период.

Для повышения безопасности нефтехимических производств, предлагается создание системы «улучшенного управления» техническим состоянием и безопасностью эксплуатации оборудования на основе эмулятора технологических процессов Honeywell UniSim.Design, и средствах сбора первичной информации о техническом состоянии электрооборудования (датчиках фирм Honeywell, Endress+ Hauser, Yokogawa).

Применение системы «улучшенное управление» позволит осуществлять регулярный мониторинг технического состояния, режимов работы, эффективности использования оборудования и энергетических ресурсов, выявлять неисправности и отслеживать динамику их развития, прогнозировать остаточный ресурс, тем самым повышая безопасность и эффективность эксплуатации оборудования переработки нефтепродуктов, осуществить переход на систему обслуживания и ремонта оборудования по фактическому техническому состоянию.

УДК 621.311

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СРЕДЕ MATHCAD**

ДУСПУЛОВ С.Г., МАКОВ Д.С., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СЕНЬКО В.В.

Современные электроэнергетика Российской Федерации характеризуются концентрацией значительных мощностей на отдельных станциях, объединенных на параллельную работу линиями электропередачи большой протяженности. Переход на рыночные механизмы в работе электроэнергетических систем (ЭЭС) приводит к усложнению ведения их режимов, а это требует применения современных компьютерных средств непосредственно в цикле оперативного управления [1].

Оперативное управление ЭЭС должно базироваться на обеспечении статической устойчивости (СУ) как нормальных, так и послеаварийных режимов, а также обеспечении динамической устойчивости. Проблема анализа устойчивости возникает как в практике проектирования систем, так и при настройке устройств автоматического регулирования для отдельных элементов ЭЭС.



Авторы провели сравнительный анализ существующих программных пакетов, применяемых в задачах анализа статической и динамической устойчивости электропередачи. В среде Mathcad ими была разработана учебная компьютерная модель, которая позволяет проводить исследования влияния системы регулирования генераторов и изменения напряжения на СУ электропередачи. Кроме того, ими была разработана расчетная модель по оценке предельного угла и времени отключения аварии. С помощью этих моделей были проведены исследования аварийных процессов в ЭЭС при различных коротких замыканиях, сложных авариях, а также при срабатывании автоматического повторного включения линии. Результаты исследований и разработанные компьютерные модели применяются при проведении курсового и дипломного проектирования студентами, которые обучаются по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

### *Литература*

Крюков А.В. Расчеты предельных режимов электроэнергетических систем для целей оперативного управления / А.В. Крюков, В.В. Сенько // Изв. ВУЗов. Электромеханика. – 2014. – № 3. – С. 21-23.

УДК 621.316.925

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДСТАНЦИЙ 110/35/10 КВ**

КАРМАНОВ Н.Г., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДОЛОМАНЮК Л.В.

В последнее время одной из важных проблем в отечественной энергетике является замена устаревшего парка оборудования на электростанциях и подстанциях электроэнергетических систем (ЭЭС).

Предметом работы является модернизация релейной защиты подстанции 110/35/10 кВ. Рассмотрены вопросы внедрения микропроцессорной релейной защиты нового поколения высоковольтных линий электропередач, произведен расчет уставок срабатывания защит основных элементов подстанции.

Модернизация проводится в связи с физическим и моральным износом оборудования. При проведении модернизации применяется новейшее оборудование с использованием микропроцессорных устройств, так как микропроцессорная защита отличается повышенной надежностью, чувствительностью, быстродействием, удобством в эксплуатации.

Мировыми лидерами в производстве устройств РЗА являются европейские концерны ALSTOM, ABB и SIEMENS. Цифровые защиты, выпускаемые этими фирмами, имеют высокую стоимость, которая, впрочем, окупается их высокими техническими характеристиками и многофункциональностью. Микропроцессорную аппаратуру выпускают и другие фирмы: GE, Multilin, SEL.

Релейная защита и автоматика построенная на базе микропроцессорных устройств отличается от релейно-контакторной повышенной надежностью, быстродействием, простотой обслуживания и удобством эксплуатации.

Замена релейной защиты и автоматики на первый взгляд кажется дорогостоящей и неоправданной. Но если сопоставить затраты которые тратит энергосистема ежегодно на устранение аварий из-за неправильной работы релейно-контакторной аппаратуры и затраты на установку современной защиты, то экономическая выгода ощутима в скором времени.

УДК 681.5

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

КИЛЬСИНБАЕВ Т.Н., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. асс. ХУСНУТДИНОВ Р.А.

Темпы и масштабы производственной деятельности в современных условиях неразрывно связаны с возрастающим использованием энергонасыщенных технологий и опасных веществ, результатом этого является возросшая потенциальная угроза для здоровья и жизни людей, окружающей среды, материальной базы производства. В первую очередь это относится к объектам нефтегазовой отрасли, где наблюдаются постоянная интенсификация технологий, связанная с возрастанием температур и давлений, укрупнение единичных мощностей установок и аппаратов, наличие в них больших запасов взрыво-, пожаро- и токсичноопасных веществ.

В данной работе представлена автоматизированная система управления техническим состоянием и безопасностью эксплуатации оборудования и агрегатов на основе эмулятора технологических процессов Honeywell UniSim.Design. Для решения комплексных задач, связанных с мониторингом эксплуатационных показателей технологических установок, работающих в нефтегазовой, нефтеперерабатывающей и нефтехимической про-

мышленности используется модуль мониторинга производительности APRM. APRM имеет встроенные функции обнаружения грубых ошибок и проверки данных, которые позволяют выявить небольшие отклонения показания датчиков. Использование APRM дает следующие возможности: диагностика основных причин ухудшения технологического процесса; прогнозирование необходимости проведения технического обслуживания; мониторинг рабочих характеристик оборудования и сравнение их с расчетными значениями; идентификация неисправных приборов и быстрое устранение технологических проблем; использование возможностей интеллектуальных датчиков для вычисления неизменяемых технологических параметров; отслеживание фактических показателей работы и их сравнение с плановыми показателями и определение значений отклонений.

УДК 681.5

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ «УЛУЧШЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ»  
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНЫХ  
АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ  
ОТРАСЛИ**

КИЛЬСИНБАЕВ Т.Н.; ХАКИМОВ Т.И., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. асс. ХАФИЗОВ А.М.

Интенсивное усложнение и увеличение масштабов промышленного производства, развитие экономико-математических методов управления, внедрение ЭВМ во все сферы производственной деятельности человека, обладающих большим быстродействием, гибкостью логики, значительным объёмом памяти, послужили основой для разработки интегрированной системы мониторинга технического состояния электрооборудования предприятий нефтегазовой отрасли.

Достоинства такой системы проявляются в наиболее яркой форме при сборе и обработке большого количества информации, реализации сложных законов управления.

Для оптимизации обслуживания и ремонта электрооборудования, повышения безопасности нефтегазовых производств и точности прогноза электропотребления в условиях работы на оптовом рынке электроэнергии и мощности с учетом технического состояния электрооборудования предлагается создание системы управления техническим состоянием и безопасностью эксплуатации оборудования на основе эмулятора технологических процессов Honeywell UniSim.Design. Для оценки технического со-

стояния электрооборудования и агрегатов с электрическим приводом используется модуль APRM (модуль мониторинга производительности), который является частью комплекта прикладных программ On-line Performance Suite от компании SIMSCI, позволяющий осуществлять мониторинг эксплуатационных показателей технологических установок нефтегазовой промышленности. APRM имеет встроенные функции обнаружения грубых ошибок и проверки данных, которые позволяют выявить небольшие отклонения показаний датчиков. Использование APRM дает возможность вычислить в автономном режиме сценарии возможных вариантов развития событий на установке.

УДК 621.31:685.512.011.56

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ САД-ПАКЕТОВ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЭС**

КЯНЖИН А.П., ТУРКИН Е.В., ТЯТОВ З.А., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СЕНЬКО В.В.

Современные требования отечественных стандартов заставляют инженеров-электриков проектировать электроэнергетические системы (ЭЭС) максимально быстро и точно [1]. Это трудно осуществить без применения современных систем автоматизированного проектирования (в зарубежных изданиях применяется термин CAD – Computer Aided Design). В этих условиях задача выбора необходимого САД-пакета для проектировщиков ЭЭС является актуальной и востребованной.

Авторы провели сравнительный анализ специализированных САД-пакетов применительно к задачам проектирования ЭЭС и ее элементов. В настоящее время в этой области широкое распространение получили программные продукты линейки AutoCAD, к преимуществам которой относится поддержка библиотеки ObjectARX [2]. Эта библиотека позволяет разработчику САД-пакета выполнить следующие задачи AutoCAD: обращение к базе данных; взаимодействие с редактором; поддержка многодокументной среды; создание заказных классов; формирование комплексного приложения; взаимодействие с другими средами программирования и др.

Проведенный авторами анализ показал, что для решения задач проектирования ЭЭС по своим функциональным возможностям наиболее подходящими являются такие ARX-приложения как: «EnergyCS» и «EnergyCS Line». Приложение «EnergyCS Line» предназначено для автоматизации проектирования механической части линий электропередачи и кабелей связи.

Авторы получили практический опыт применения этого пакета «EnergyCS», принимая участие в проектировании элементов системы надежного электроснабжения объектов ЧМ-2018 (Самара).

### *Литература*

1. Кудрин Б.И., Анчарова Т.В. САПР в электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие / Б.И. Кудрин, Т.В. Анчарова. – М.: Изд-во МЭИ, 1987. – 74 с.
2. Сенько В.В. Системы автоматизированного проектирования СЭС : учеб. пособие / В.В. Сенько. – 2-е изд. – Тольятти: ТГУ. – 44 с.

УДК 621.311

## **ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА MATHCAD**

МАКАРОВ А.П., ТИХОМИРОВ Е.О., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СЕНЬКО В.В.

В новых рыночных условиях при решении задач оперативного управления электроэнергетической системой (ЭЭС) требуется быстрая оценка границ области статической устойчивости (СУ). В этой связи, создание быстродействующих методов и алгоритмов построения границ области СУ является актуальной и востребованной задачей [1]. Одним из эффективных методов расчета параметров границ ОУ является решения модифицированных уравнений предельных режимов (УПР) [2].

Авторами с помощью пакета Mathcad была разработана учебная компьютерная модель расчета установившихся и предельных режимов ЭЭС, основанная на решении модифицированных УПР. С помощью этой модели был проведен ряд вычислительных экспериментов построения границ ОУ (на примере консервативной тестовой трехузловой схемы ЭЭС).

Результаты исследований доказали, что для улучшения сходимости итерационных процессов в задачах построения границ СУ целесообразно применение модификации классического метода Ньютона, основанной на ограничении длины шага.

Разработанные авторами компьютерная модель и алгоритмы могут позволить повысить скорость принятия оперативных решений диспетчерских служб ЭЭС, и на данном этапе они используются в учебном процессе СамГТУ при проведении лабораторных работ по курсам «Электромеханические переходные процессы», «Устойчивость электроэнергетических сис-

тем» для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

### *Литература*

1. Крюков А.В. Предельные режимы электроэнергетических систем / А.В. Крюков – Иркутск: ИрГУПС. – 2012. – 236 с.
2. Крюков А.В. Расчеты предельных режимов электроэнергетических систем для целей оперативного управления / А.В. Крюков, В.В. Сенько // Изв. ВУЗов. Электромеханика. – 2014. – № 3. – С. 21–23.

УДК 621.311: 681.5

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СЕТЕВОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

НЕДОБЕЖКИН А.Н., ГРИБОВСКИЙ П.В., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СЕНЬКО В.В.

Одним из эффективных средств экономии ресурсов в электроэнергетическом комплексе является внедрение на их объектах автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС) коммерческого учета электроэнергии (КУЭ). Для эффективной организации оптового рынка электроэнергии и мощности (ОРЭиМ) необходимо обеспечить своевременную передачу информации о покупке и продаже с помощью современных компьютерных технологий [1]. В этой связи, вопросы внедрения компьютерных технологий (КТ) в системах учета электроэнергии актуальны и имеют практическую ценность [2].

В результате проведенного анализа внедрения КТ на сетевых предприятиях, авторы пришли к выводу, что системы КУЭ должны: выявлять потери энергии для принятия экономически оправданных решений в системах диспетчерского управления; иметь программные средства в виде стандартных служебных программ с поддержкой открытых протоколов связи и др.

Авторы в нотации *idef0* разработали функциональную модель, описывающую базовые процессы поддержки жизненного цикла АИИС КУЭ. Используя эту модель, они провели исследование процессов поддержки этапов сопровождения и модернизации систем учета для некоторых сетевых предприятий (участников ОРЭиМ) Самарской и Ульяновской областей.

### Литература

1. Андреева Л.В. Коммерческий учет электрической энергии на оптовом и розничном рынках / Л.В. Андреева, Л.К. Осика, В.В. Тубинис. – М.: Авок-пресс, 2010. – 384 с.

2. Сенько В.В. Базовые аспекты внедрения автоматизированной системы учета электроэнергии на сетевом предприятии // Межд. науч.-практ. конф. «Разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий и устройств». – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. – С. 87–91.

УДК 62.83.681

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОМЕЩЕНИЯ ПТИЦЕКОМПЛЕКСА С ЭЛЕКТРОВЕНТИЛЯЦИЕЙ

НИФАТОВ А.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛОМАКИН И.В.

Разработка системы управления кондиционированием воздуха имеющей электроприводы вентиляторов управляемых по скорости с помощью частотного преобразователя предполагает построение адекватной термодинамической модели помещений птицекомплекса. Тепловая модель помещения составляется на основе уравнения теплового баланса.

В качестве источников тепла принимались нагреватели мощностью  $P$ , люди и птицы. Потери в помещении обусловлены потерями через стены и отводом тепла вместе с избытками воздуха. Объем отводимого воздуха считался равным объёму нагнетаемого воздуха. Таким образом, уравнение баланса явного тепла в помещении будет иметь вид:

$$\Delta Q_{\Sigma} = \Delta Q_{\text{ТЭН}} + \Delta Q_{\text{чел}} - \Delta Q_{\text{вент}} - \Delta Q_{\text{стен}} = P_{\text{ТЭН}} + n \Delta Q_{\text{чел}} - c L \rho (t_{\text{пом}} - t_{\text{нар}}) - K_{\text{стен}} S_{\text{стен}} (t_{\text{пом}} - t_{\text{нар}}) \text{ [кДж/час]},$$

где  $n$  – количество человек;  $\Delta Q$  – поступления тепла от одного человека;  $c$  – теплоемкость воздуха;  $\rho$  – плотность воздуха;  $t_{\text{пом}}$  – температура в помещении;  $t_{\text{нар}}$  – температура наружного воздуха;  $K_{\text{стен}}$  – коэффициент теплопотерь через стен;  $S_{\text{стен}}$  – площадь стен.

Для определения скорости изменения температуры используем формулу:

$$V_T = \frac{\Delta Q_{\Sigma}}{c \rho V_{\text{пом}}},$$

при температуре в помещении:

$$T = \int_0^t V_T dt .$$

В результате выбора оптимального алгоритма управления ожидается снижение потребляемой мощности от электродвигателей вентиляционной установки и улучшение микроклиматических показателей помещения.

УДК 621.316.721

## **АВТОМАТИКА ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ С КОНТРОЛЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ**

ОКОННИКОВ И.Н., инженер СРЗА ЦУС ОАО «Сетевая компания»,  
г. Казань, Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

В последнее время режим работы электрических сетей энергосистем характеризуется ростом нагрузок, что приводит к увеличению нагрузки воздушных линий электропередачи (ВЛ), на некоторые из которых также накладываются транзитные перетоки мощности. В наиболее тяжелых случаях, перераспределение перетоков мощности может привести к недопустимому увеличению загрузки отдельных электросетевых элементов и к их перегрузке (например, при аварийном отключении в ремонтируемой схеме).

Традиционная автоматика ограничения перегрузки ВЛ имеет два набора уставок по току, рассчитанных для зимних и летних температур. Подобная методика имеет существенный недостаток: чаще всего реальная температура проводов оказывается меньше расчетной, которая обычно определяется исходя из самых неблагоприятных условий эксплуатации линии в жаркое время суток и года, без учета ветра и так далее. Поэтому действие автоматики по данному принципу может приводить к неоправданному ограничению электроснабжения потребителей еще до достижения условий для ограничения по пропускной способности ВЛ.

В рамках данного доклада будет рассмотрен вопрос применения устройств АОПО с контролем температуры окружающей среды и температуры провода, целью которых является оптимальная реализация управляющих воздействий и исключение перегрузки ВЛ.



УДК 62.83.681

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОЛЕСА МОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТЕРА

ОЛЕНИН А.Г., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛОМАКИН И.В.

Исследование динамики бесконтактного двигателя постоянного тока в работе позволяет заключить, что если выполняется условие  $\tau m \geq 4\tau\varepsilon$ , то без ограничения динамическая модель вентильного двигателя может быть представлена эквивалентной моделью коллекторного двигателя. Если это условие не выполняется, то представление вентильного двигателя эквивалентной моделью коллекторного двигателя возможно только при приближенном выполнении условия  $\tau\varepsilon \leq 1/(4\varepsilon)$ .

$\varepsilon$  – относительная Э.д.с. или относительная частота вращения ротора,  $\tau\varepsilon = \omega_0 L / r$  – электромагнитная постоянная времени обмотки якоря в относительных единицах, в масштабе времени  $\tau = \omega_0 \cdot t$ ,  $\omega_0 = U_b / (K\Phi)$ , где  $K\Phi$  – коэффициент связи между действующим значением фазной Э.д.с. и частотой вращения ротора.

Поэтому расчет параметров структурной схемы динамической модели приводного электродвигателя производился по методике принятой для двигателей постоянного тока с независимым возбуждением электродвигателя.

Паспортное номинальное значение угловой скорости вращения мотор-колеса PE1372 35B составляет  $\Omega_{\text{НОМ}} = 52,4$  рад/с и незначительно отличается от результатов моделирования. Это позволяет сделать вывод о том, что в целом модель вполне адекватна выбранному двигателю.

Следует отметить значительные колебания тока в якорной цепи и наличие большой статической ошибки при возмущающем воздействии. Так как транспортер предполагается использовать в тяжелых дорожных условиях, то необходимо обеспечить управление скоростями развиваемыми колесами и их согласование со скоростью движения ТПК. С этой целью необходимо организовать двухконтурную систему подчиненного регулирования для каждого колеса. С целью снижения перерегулирования по току контур тока (КТ) настраивается на оптимум по модулю (ОМ). Для устранения моментной составляющей ошибки  $\Omega_{\text{уст}}^M$ , необходимо в контуре скорости (КС) разрабатываемого электропривода применить настройку на симметричный оптимум (СО), что позволит повысить порядок астатизма и увеличить жесткость механической характеристики привода в целом.

УДК 621.315

## **О СОВМЕСТИМОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА РАЗНЫХ ЭЛЕМЕНТНЫХ БАЗАХ, В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

РАХМАТУЛЛИН Р.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

На территории Российской Федерации интенсивно проводят реконструкции энергетических объектов. В ходе реконструкций защит (ДФЗ) линий напряжением 110 кВ и выше, в настоящее время имеется практика совместного использования электромеханического (ЭМ) и микропроцессорного (МП) полукомплектов защиты по разным сторонам защищаемой линии.

Исследования показали, что совместная работа этих устройств в аварийных ситуациях приводит к сбою автоматики и средств релейной защиты.

Таким образом, появилась задача изучения возможности совместной работы устройств на основе микропроцессорной и электромеханической базах. Привязки аппаратуры к изменившимся условиям, осуществление наладки средств РЗА, выполненных на различных элементных базах является актуальной задачей с целью обеспечения надежной работы всего комплекса противоаварийной автоматики и требований, предъявляемых к ним.

При идентичной конструкции ЭМ и МП полукомплектов, при их совместном использовании возникают проблемы излишнего срабатывания ЭМ ДФЗ при повреждениях вне защищаемой зоны.

Основные причины излишнего действия ЭМ ДФЗ:

- зависимость выходного напряжения органов манипуляции от частоты различна;
- различие в переходных процессах органов манипуляции двух полукомплектов.

В настоящее время совместно с электромеханическими полукомплектами ДФЗ наиболее часто используются следующие микропроцессорные полукомплекты защит, способные совместно работать с электромеханическими полукомплектами:

- ШЭ 2607 08Х (НПП «ЭКРА»);
- ШМДФЗ (ЗАО «ЧЭАЗ»);
- «Бреслер ШЛ 2607» (ИЦ «Бреслер»).

УДК 004.8:[621.31+622.276.53]

## **EFFICIENCY IMPROVING OF OIL-PRODUCTION BASED ON CHAIN DRIVE AUTOMATION**

Christoph Thomas, Artur Sagdatullin

Computer Science State University, Germany

Scientific adviser: Alexander Emekeev, PhD, Elena Muravyova, Dr., Prof.  
Almetyevsk State Oil Institute, Ufa State Petroleum Technical University

The economic efficiency of oil production in the complicated conditions directly depends on the process and electrical equipment. Therefore an important issue in the final stage of oil field development is to analyze the efficiency of production equipment of the operated wells; the criterion is to ensure the effectiveness of oil production at the lowest cost.

It is concluded that the increased frequency of drive oscillation leads to premature wear of sucker-rod pump installations (sucker rod pumps) with a pumping unit (PU) and a significant reduction of the well overhaul period, especially when dealing with large diameter pumps. Also concluded that the installation of electric submersible pumps also have significant drawbacks, one of which – low efficiency decreases with the nominal capacity of ESP. As a result, proposed to use to improve the efficiency of oil-production the sucker rod pumps in conjunction with the long-stroke chain drives (LSCD). The main advantages of the proposed system with the LSCD are transforming the reducing reversible mechanism, combined with the power of a certain mass balancing; fixed stroke length and uniform speed; ability to roll back the LSCD from the wellhead in the repair.

To improve the efficiency of the chain drive with sucker rod pumps are invited to use the scheme of automation of the LSCD, including the inverter and control algorithms. The use of this device will allow the installation to adapt the operating modes depending on the increase / decrease in fluid flow to a well.

Thus, use of the scheme of chain drive automation will improve drive efficiency by 15–20 %, and to implementing allow to us increase energy saving in the operation modes.

УДК 65.011.56

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ В ЕМКОСТИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO**

САФИУЛЛИН Т.Ф., СИНЯКАЕВ Р.Р., АГНИ, г. Альметьевск  
Науч. рук. ст. преп. ТУГАШОВА Л.Г.

В настоящее время в связи с бурным развитием нефтяной промышленности все большую актуальность приобретает вопрос об автоматизации технологических процессов и производств.

Для создания современных систем автоматизации и управления необходимо детальное понимание принципов организации технологического процесса. Современному инженеру необходимо уметь эффективно выбирать средства модернизации систем и объектов в процессе работы. Для этих целей применяется физическое и математическое моделирование.

В данной работе для создания макета процесса поддержания уровня жидкости в резервуарах выбран микроконтроллер Arduino Uno, так как он отличается низкой стоимостью, простотой подключения различных типов датчиков, электродвигателей, легко изучаемым программным обеспечением. Актуальность создания такой модели весьма высока.

Создание модели включает следующие этапы:

- изучение технологии процесса закачки нефтепродуктов в резервуары;
- создание макета, имитирующего вышеуказанный процесс;
- разработка программного обеспечения для отображения данного процесса на экране монитора;
- подключение датчиков температуры и расстояния, а так же звуковой сигнализации;
- установка динамического освещения емкости, в зависимости от количества света в окружающей среде;
- анализ и получение практических выводов по проделанной работе.

В целом проект реализуется с помощью микроконтроллера Arduino Uno, датчиков HC-SR04 и DS18B20, семисегментного индикатора BS3361, двигателя постоянного тока RF-300F. Arduino Uno контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для программирования Arduino не требуется внешний программатор, весь процесс общения с компьютером осуществляется посредством USB. Программирование ведется целиком через собственную программную оболочку (IDE). Оболочка написана на Java на основе проекта Processing, работает под Windows, Mac OS X и Linux.

УДК 621.316.925

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДАЛЬНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ**

СОКОЛОВ Н.С., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук ИВАНОВ И.Ю.

В процессе разработки вопросов релейной защиты необходимо учитывать тот факт, что защиты могут работать неэффективно или не сраба-

тивать вовсе. Поэтому большое внимание уделяют дальнему резервированию отключения КЗ.

Дальнее резервирование – это такой способ резервирования, при котором КЗ ликвидируется действием защит смежных с поврежденным элементом системы, на отключение выключателей этих элементов. Это в несколько раз повышает надежность срабатывания релейной защиты. Дальнее резервирование – более простой и менее затратный способ резервирования, по сравнению с ближним резервированием, и может в некоторых случаях обладать большей полнотой резервирования. В свою очередь имеется сложность выполнения дальнего резервирования, обусловленная необходимостью обеспечить высокую чувствительность защиты при выполнении условия отстройки от нагрузочных режимов. В своей работе я предлагаю рассмотреть основные проблемы обеспечения дальнего резервирования и способы решения этих проблем.

УДК 621.314

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–10 КВ ПО ПАРАМЕТРАМ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА**

ФИЛАТОВА Г.А., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ШУИН В.А.

Для кабельных сетей 6-10 кВ до сих пор не существует реально используемых эффективных методов дистанционного определения места однофазного замыкания на землю (ОМЗЗ) на линиях под рабочим напряжением. Для задач определения места однофазных, в том числе самоустраняющихся, замыканий на землю могут быть использованы электрические величины переходного процесса, возникающего во время пробоя изоляции.

Исследование электромагнитных переходных процессов при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ) в сетях 6-10 кВ проводилось на упрощенных моделях электрических сетей. Для выявления информационных параметров, которые можно использовать для решения задачи дистанционного ОМЗЗ, использовалось аналитическое решение уравнений переходного процесса на основе двухчастотной схемы замещения и моделирование на ЭВМ.

Для решения задачи ОМЗЗ могут быть использованы величины, параметры которых зависят от удаленности до места повреждения. К таким величинам относятся переходный ток нулевой последовательности и его

свободные составляющие и переходное напряжение нулевой последовательности и его свободные составляющие. От удаленности до места повреждения зависит также ток в поврежденной фазе поврежденного присоединения и напряжение на поврежденной фазе. Для исключения зависимости информационных параметров от начальной фазы пробоя изоляции для решения задачи ОМЗЗ должно использоваться нормирование значений свободных составляющих тока и напряжения с учетом напряжения на поврежденной фазе в момент возникновения ОЗЗ.

Исследовалось влияние факторов, искажающих замер информационных параметров, основными из которых являются переходное сопротивление в месте повреждения, суммарный емкостный ток сети и др. Как показали расчеты по двухчастотной схеме замещения и исследования на имитационных моделях кабельных сетей 6-10 кВ, наиболее устойчивыми информационными параметрами являются начальное значение производной нормированного переходного тока поврежденной фазы или тока нулевой последовательности поврежденной линии, а также начальные значения первой производной напряжения на поврежденной фазе и второй производной напряжения нулевой последовательности.

УДК 621.316.925

## **ОСОБЕННОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА**

ХАЗИЕВ Р.Р., ГАЯЗОВ Р.И., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. МУСТАФИН Р.Г.

Целью работы является разработка релейной защиты и автоматики электроснабжения целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК):

1. Разработать схему электроснабжения ЦБК.
2. Рассмотреть особенности электроснабжения бумагоделательной машины.
3. Разработать схему резервирования электроснабжения ЦБК, разработать автоматику АВР.
4. Разработать релейную защиту трансформаторов ТМ-630-6/0,4.
5. Разработать релейную защиту асинхронных двигателей А4-450Х-6У3.
6. Разработать автоматику пуска двигателя А4-450Х-6У3.

Рассмотрены планы действия при возникновении аварийных ситуаций во время работы силового оборудования и меры их предотвращения.

Рассмотрены объекты защиты целлюлозно-бумажного комбината. Подробно сформулированы требования и способы регулирования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. К электроприводу предъявляются следующие требования: точность по скорости, быстродействие, перерегулирование, чувствительность.

Рассмотрены назначение и описание трансформаторов и асинхронных двигателей в схеме электроснабжения ЦБК, а также способы их защиты: от перегрузки, от потери фазы, падения напряжения и частоты, короткого замыкания, перегрева.

УДК 629.1.07

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИИ**

ХАЙРУЛЛИН Р.Р., ХАСАНОВ Т.Н., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. доц. ЛИТВИНЕНКО Р.С.

При планировании технического задания для многофункциональных сложных технических систем (СТС), особенно в условиях ограниченного финансирования, большое значение приобретает проблема выбора того или иного проекта для дальнейшей разработки, так как многофункциональность накладывает определённый отпечаток на саму постановку задачи анализа такой системы.

В настоящее время широко применяются так называемые матричные методы, одним из которых является метод анализа иерархий (МАИ) – Analytic Hierarchy Process, предложенный Т. Саати, с учетом всего спектра задач, выполняемых такими системами. Решающим преимуществом МАИ над большинством существующих методов оценивания альтернатив (взвешивания, ранжирования, аксиоматических, лексикографических и др.) является чёткое выражение суждений экспертов, а также ясное представление структуры проблемы – элементов и взаимосвязей между ними.

Данный метод реализуется, как правило, в 4 этапа: декомпозиция задачи в иерархию; построение матриц попарных суждений; определение локальных приоритетов и согласованности мнений экспертов; определение глобальных приоритетов.

Авторы применили данный метод для выбора наиболее предпочтительного варианта низкопольного трамвая на этапе проектирования. Для

анализа были приняты варианты уже реализованных современных многосекционных трамваев: АСКМ-843 (Белкоммунмаш), К-1М8 (Татара-Юг), ЛВС-2005 (71-152) (Петербургский ТМЗ), КТМ-31 (71-631) (Усть-Катавский ВСЗ).

Сравнивая значения глобальных приоритетов, можно сделать вывод, что низкопольный многосекционный трамвай, ЛВС-2005 (71-152) имеет наибольший приоритет, а значит наивысший технический уровень, и поэтому был бы более предпочтителен для дальнейшей разработки.

УДК 681.5.01

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

ХАФИЗОВ А.М., ФОМИЧЕВ С.С., АСЛАЕВ Р.Р., УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БАШИРОВ М.Г.

Безопасность и удобство в обслуживании, а также надежность и эффективность в эксплуатации электрооборудования любого промышленного предприятия во многом определяют безопасность всего технологического комплекса.

Одним из важнейших средств обеспечения и поддержания надежности является технический мониторинг. Под техническим мониторингом систем программного управления понимается область знаний, разрабатывающая методы и средства поиска отклонений в режимах работы (или состояниях), обнаружения и устранения дефектов в системах (или ее элементах) и средства их локализации.

В имитаторе моделей UniSim Design компании Honeywell посредством комбинирования стандартных элементов, моделирующих отдельные составляющие, смоделирован технологический процесс и автоматизированная система управления техническим состоянием и безопасностью эксплуатации оборудования и агрегатов.

Для решения задач диагностирования используется модуль мониторинга производительности ARPM, позволяющий осуществлять мониторинг эксплуатационных показателей технологических установок нефтегазовой промышленности. Использование ARPM дает следующие возможности: прогнозирование необходимости проведения технического обслуживания; мониторинг рабочих характеристик оборудования и сравнение их



с расчетными значениями; идентификация неисправных приборов и быстрое устранение технологических проблем; использование возможностей интеллектуальных датчиков для вычисления неизменяемых технологических параметров; отслеживание фактических показателей работы и их сравнение с плановыми показателями и определение значений отклонений.

УДК 621.316

## **ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЗАЩИТ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–35 кВ**

ХИСМАТУЛЛИН А.Б., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ХАКИМЗЯНОВ Э.Ф.

Однофазное замыкание на землю является наиболее частым видом повреждения в трехфазных электрических сетях всех классов напряжения. В электрических сетях 6–35 кВ России, работающих с изолированной или компенсированной нейтралью, значения токов однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) невелики, поэтому сети этих классов напряжения традиционно называют сетями с малым током замыкания на землю.

Ключевой проблемой в распределительных сетях напряжением 6–35 кВ является выбор способа заземления нейтрали, поскольку именно режим заземления нейтрали оказывает решающее влияние на надежность электроснабжения потребителей, на сохранность электрических машин и кабелей, на безопасность людей и животных, находящихся в местах прохождения электрических линий, и в очень большой степени на выбор принципов и типов устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), а также на способы использования этих устройств для отключения замыкания на землю или только для сигнализации. В России и республиках бывшего СССР главным образом используется режим либо изолированной нейтрали, либо резонансно-заземленной нейтрали.

Целью исследования является обзор всех видов защит от однофазных замыканий на землю в распределительных сетях 6–35 кВ и оценка их чувствительности. К оценке чувствительности относится: анализ чувствительности защит, основанных на контроле составляющих нулевой последовательности и анализ чувствительности защит, основанных на контроле уровня высших гармоник. Предполагается рассмотреть все типы защит в зависимости от типа заземления нейтрали, а также их достоинства и недостатки. Учитывая, что современные микропроцессорные терминалы обычно

позволяют реализовать сразу несколько алгоритмов, относящихся к различным принципам действия защит.

УДК 621.315

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ «ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ»**

ХАБИБУЛЛИН М.Н., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

Современное состояние энергосистемы России характеризуется необходимостью масштабных реконструкций изношенного оборудования. Оборудования, которое вводилось в эксплуатацию в советский период, физически устарело.

В настоящее время все сетевые компании стоят на пороге внедрения принципиально новых «Цифровых подстанций». На сегодняшний день лидером по внедрению этой технологии является Китай. На ее территории введены в эксплуатацию более 1000 подстанций, и все новые подстанции проектируются по этому принципу. Данная технология имеет ряд преимуществ как технических, так и экономических.

На сегодняшний день, для реализации проектов был создан протокол МЭК 61850. Он разработан для обеспечения совместимости различного оборудования, обеспечения его долговременного использования и устранения зависимости от одного поставщика.

В данной работе были рассмотрены проблемы внедрения технологии «Цифровых подстанций» и пути их решения.

УДК 681.5:621.3

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ**

ЦАПЛИН Д.Ю., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЦВЕТКОВ А.Н.

Потерь электроэнергии можно избежать посредством автоматизации управления осветительными установками с помощью устройств, позволяющих включать и отключать искусственное освещение в зависимости от времени суток, режима работы, освещенности и других факторов. Устрой-

ства автоматизации по предъявляемым к ним требованиям могут быть разделены на три группы:

- устройства для непосредственного управления установками внутреннего освещения производственных помещений и помещений общего пользования в жилых зданиях;

- устройства для непосредственного управления маломощными установками наружного освещения дворовых территорий, складов и т.п.;

- устройства контроля, используемые в системах централизованного управления наружным освещением больших открытых пространств и городов.

Высокие требования к точности работы устройств автоматического управления освещением обуславливаются значительной суммарной мощностью осветительных установок, раннее включение которых при наступлении сумерек и позднее отключение при наступлении рассвета приводят к большому перерасходу электроэнергии. Вместе с тем в соответствии с требованиями технологии для таких установок также недопустимо и позднее включение освещения при наступлении сумерек и раннее отключение на рассвете, т.е. должна осуществляться плавная смена режима.

Точность работы центрального фотоэлектронного устройства должна превосходить возможности оценки освещенности глазом и находиться в пределах  $\pm 0,5$  лк. При управлении наружным освещением устройство должно позволять производить регулировку включения и отключения в пределах 0,5-10 лк.

Наиболее значимых результатов позволяет достичь комплексная система сочетающая в себе высокую точность используемых элементов, адаптивность к условиям эксплуатации, гибкость алгоритмов управления и универсальность воздействия выходных сигналов.

УДК 621.311.26

## **АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИИ**

ЧЕРНОВ Д.А., НИУ «МЭИ», г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ТЯГУНОВ М.Г.

Анализ моделей вертикального профиля ветра по данным фактических наблюдений на площадках 7 ветроизмерительных комплексов (ВИК) на территории Дальневосточного Федерального округа (ДФО) и их сопос-

тавление с моделями из СБД «Вертикальный профиль ветра» [1] позволили сделать следующие выводы.

На предпроектных стадиях оценки среднемноголетней скорости ветра на различной высоте в регионах ДФО рекомендуется применять эмпирическую зависимость среднемноголетнего коэффициента Хеллмана  $m_0$  от среднемноголетней скорости ветра  $V_0$  на высоте 10 м вида  $m_0 = 0,6827 V_0^{-0,914}$  из СБД «Вертикальный профиль ветра» [1].

На территории ДФО для пересчета повторяемости скорости ветра на высоту оси ветроколеса ВЭУ рекомендуется применять теоретическое распределение Вейбулла. При отсутствии данных измерений ВИК параметр  $\gamma$  распределения Вейбулла на разной высоте допускается принимать равным значению, определенному по фактическим данным на площадках наземных метеостанций (МС) на высоте 10 м.

Для получения эмпирических зависимостей внутригодового изменения параметра  $m$  от среднемесячной скорости ветра  $m_i(V_i)$  требуется период наблюдения не менее 5-10 лет, так как данные годового цикла ветромониторинга ВИК могут не соответствовать среднемноголетнему году, данные которого представлены в СБД «Вертикальный профиль ветра» [1].

Анализ влияния внутригодового распределения коэффициента Хеллмана на выработку электроэнергии ВЭС показал:

Учет шероховатости и орографии местности повышает точность определения выработки перспективной ВЭУ в среднем на 10 %.

Повышение обеспеченности на 40 % при расчете выработки электроэнергии ВЭС приводит к снижению коэффициента использования установленной мощности КИУМ в среднем на 8-9 % по всем моделям ВЭУ.

#### *Литература*

Свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2012620870. Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра» / А.Г. Васьков, Г.В. Дерюгина, М.Г. Тягунов, Д.А. Чернов.

УДК 621.316.925

### **ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАЩИТ БЛОКОВ «ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР-ЛИНИЯ»**

ШАРИФУЛЛИН А.Ф., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ИОНОВ А.А.

Блочные схемы соединений находят широкое распространение на современных мощных электростанциях. Применение блоков ГТЛ позволяет уменьшить токи КЗ и облегчает компоновочные решения на крупных электростанциях.

Блоки генератор-трансформатор-линия находят широкое применение в ОЗ РДУ Татарстана: Набережночелнинская ТЭЦ Блоки ТГ-5 – ВЛ 220 кВ Заводская, ТГ-8 – ВЛ 220 кВ Заводская, Нижнекамская ТЭЦ-1 Блоки ТГ-9 – ВЛ 110 кВ Нижнекамская, ТГ-10 – ВЛ 110 кВ Нижнекамская, ТГ-11 – ВЛ 110 кВ Нижнекамская, Нижнекамская ТЭЦ-2 (построена по блочному принципу), мощность с которой выдается на шины 110, 220 кВ ПС Нижнекамская.

Как и в любом элементе энергетической системы в блоках генератор-трансформатор-линия возможны повреждения и ненормальные режимы работы. Поэтому должны предусматриваться устройства релейной защиты и автоматики на данных элементах. Особенностью схемы является то, что повреждение в любом элементе протяженного блока, особенно в линии (что наиболее вероятно), приводит к отключению всего блока.

При действии основных защит трансформатора блока и резервных защит, установленных на генераторе, передается отключающий сигнал на выключатель ВН. Передача осуществляется по двум взаимно-резервируемым каналам. При этом возможна передача по ВЧ-каналу или по проводам связи. На линиях длиной до 10 км для этой цели может также использоваться устройство передачи отключающих сигналов по жилам кабелей. В последнее время широко начала внедряться передача команд телеотключения по оптоволокну. При этом сохраняется передача отключающего сигнала по ВЧ-каналу на линии блока (своего или смежного).

Существовало так же такое решение: при повреждении трансформатора действуют основные защиты и резервные на отключение генераторного выключателя и на включение короткозамыкателя (находится на ВН трансформатора). Защита линии реагирует на короткое замыкание, устроенное короткозамыкателем, и отключает трансформатор от системы.

В настоящее время не существует единого решения выполнения защит данных блоков. В данной работе рассматриваются различные способы реализации защит блоков и их действие (на примере ОЗ РДУ Татарстана).

**СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ,  
НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПОТЕРЯМИ  
И КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

УДК 621.311.001.57

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЧНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА  
ТРЕХФАЗНЫХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ  
МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

АБРАМЧЕНКО Е.В., ВлГУ, г. Владимир  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. СБИТНЕВ С.А.;  
канд. техн. наук, доц. ШМЕЛЕВ В.Е.

Как известно, качество и надежность электроснабжения малых населенных пунктов часто имеет неудовлетворительный характер. Нередки отклонения и колебания напряжения, кратковременные отключения, обрыв проводов питающей сети и т.д.

Во многом причинами данных явлений является отсутствие понятных механизмов воздействия на электроснабжающие организации со стороны потребителей и финансирование «по остаточному принципу». Вместе с тем абсолютно понятен запрос на качественное и надежное электроснабжение со стороны конечного потребителя. Результатом научных исследований кафедры электротехники и электроэнергетики ВлГУ стал качественно новый общий подход к решению проблем, возникающих в современных электрических сетях различного масштаба. Этот подход нашел свое выражение в расчете режимов электрических сетей на основе создания комплекса моделей «сетевых объектов», представляющих набор топологических матриц и матриц топологических параметров характерных элементов сети. Используемые матрицы и матричные выражения для трехфазных схем замещения позволяют избежать больших неточностей и допущений, свойственным однофазным расчетам. Автором была проведена работа по адаптации набора сценариев в среде мат. комплекса MATLAB для расчета электрических сетей крупного масштаба – сначала для расчета частного дома (коттеджа), затем для расчета небольшого населенного пункта (коттеджного поселка). Основанные на строгом математическом и физическом аппарате при расчете матричных выражений модели сетевых объектов и сценарии позволяют учесть множественные источники несимметрии, характерные для подобных сетей, моделировать различные аварийные режимы, проводить точную оценку энергоэффективности сети. В перспективе планируется провести анализ экономической эффективности

установки индивидуальных понижающих трансформаторов для каждого домохозяйства, для чего ведется разработка сетевого объекта «трансформатор на опоре».

УДК 621.3

## **СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

АЙГУЗИНА В.В., УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПАШАЛИ Д.Ю.

Вихретоковый контроль применяется для дефектоскопии, толщинометрии и структуроскопии объектов из электропроводящих материалов в различных областях промышленности: авиационной, машиностроительной, металлургической и других.

Проведен обзор ряда известных средств реализации вихретокового контроля объектов с различной формой поверхности. Многоэлементный вихретоковый преобразователь [патент РФ № 51748, G01N27/90, 2006.02.27] подходит для контроля плоских, выпуклых и вогнутых поверхностей, но при этом один и тот же преобразователь не может быть использован для контроля различных форм поверхностей. Накладной вихретоковый преобразователь [заявка № 92011567, G01N27/90, G01B7/06, 1996.12.20] может принимать форму контролируемой поверхности, но только с малым радиусом кривизны. Вихретоковый преобразователь [патент США № 2010007342, G01N27/82, 2010.01.14], содержащий гибкую подложку со вставкой из более гибкого материала, позволяет контролировать поверхности различных форм, но применение преобразователя ограничено для объектов со сложнопрофильными поверхностями, например, выпуклой, имеющей локальные вогнутые участки, и наоборот.

Поэтому актуальна разработка новых средств реализации вихретокового контроля объектов с расширенными функциональными возможностями в отношении сложнопрофильных поверхностей.

УДК 621-32

## **СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ**

АСХАТОВ Р.И., ГАРИПОВ Р.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

В наше время тема развития альтернативных способов получения энергии как нельзя более актуальна. Традиционные источники стреми-

тельно иссякают и уже через каких-нибудь пятьдесят лет могут быть исчерпаны. Результатом многолетней работы стало такое устройство как солнечная батарея.

На сегодняшний день среднее значение к.п.д. на практике составляет 12-25 %.

Стоимость солнечных батарей сегодня достаточно высока. А с учетом небольшого значения к.п.д. панелей, вопрос их окупаемости очень актуален. Срок службы батарей, работающих от солнечной энергии, составляет порядка 25 и более лет.

В состав солнечных панелей не входят механические подвижные части, поэтому они достаточно надежны и долговечны. При правильной эксплуатации они могут прослужить 50 лет. Достаточно лишь систематически очищать зеркала фотоэлементов от пыли и других загрязнений.

На срок окупаемости влияют:

– тип выбранного оборудования. Однослойные фотоэлементы имеют более низкий к.п.д. в сравнении с многослойными, но и гораздо меньшую цену;

– географическое положение;

– стоимость оборудования;

– стоимость энергоресурсов в вашем регионе.

При оптимальной компоновке оборудования и эффективность солнечной системы в 85 % считается очень хорошей

В достоинства солнечных батареи входит общедоступность, неисчерпаемость источника и теоретически, полная безопасность для окружающей среды.

У идеальной, на первый взгляд, технологии добычи энергии даже сегодня имеется целый ряд недостатков, однако можно быть уверенными в том, что это всего лишь индикатор совершенствования солнечной энергетики. Каждый день технологического прогресса сможет искоренять один недостаток за другим, поэтому это вопрос времени.

УДК 621.316

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4–10 КВ**

АХМЕТШИН А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

Проблема обеспечения должного качества электроэнергии не теряет свою актуальность, поскольку на производстве и в быту используется



множество электроприборов, которые крайне чувствительны к отклонениям напряжения от допустимых значений, указанных в нормативных требованиях.

Увеличение электропотребления в бытовом секторе связано с широким применением различного вида электроприборов, а также с интенсивным вводом новых потребителей, что во многих случаях приводит к недопустимым отклонениям напряжения. Отклонения напряжения за пределы допустимых значений приводят к нарушению работы и уменьшению срока службы электроприборов.

Рассмотрены следующие способы повышения энергосбережения и улучшения качества электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4-10 кВ:

- увеличение сечения провода;
- уменьшение передаваемой реактивной мощности;
- применение вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ) на напряжения 0,4-10 кВ;
- применение трансформаторов типа ТМСУ, имеющих специальное встроенное симметрирующее устройство.

В работе обоснована методика определения уровня напряжения на подстанциях при полной компенсации реактивной мощности по обобщённым параметрам сети и показана необходимость согласованного выбора уровня компенсации реактивной мощности и количества, и параметров ВДТ. Разработанная методика позволит выбрать параметры ВДТ продольного регулирования напряжения в сетях 0,4-10 кВ с учетом регулирующего эффекта нагрузки.

УДК 621.3.048: 621.3.095.3

## **НИЗКОВОЛЬТНАЯ ЧАСТЬ РЕГИСТРАТОРА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

БАБОРАИК А.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УСАЧЕВ А.Е.

Надежность современных систем производства и распределения электроэнергии во многом зависит от диагностического контроля высоковольтного электрооборудования, основы которого заложены в ГОСТ 20.39.312-85 и 27.002-89. Как показала практика наиболее «слабым звеном» в высоковольтном оборудовании являются изолирующие элементы.

Поэтому, не случайно, что методам и системам контроля электрической прочности изоляции всегда уделялось большое внимание.

Основная цель измерения характеристик ЧР в изоляции высоковольтных конструкций заключается в получении дополнительной диагностической информации для выработки заключения о ее состоянии.

На результаты измерения сигналов ЧР влияют внутренние и внешние помехи. К внутренним относятся помехи от высоковольтных соединений, в том числе коронные разряды, и помехи от элементов системы измерения ЧР. К внешним относятся помехи от питающих источников, в том числе и цепей питания, и электромагнитные высокочастотные помехи.

Для устранения помех от высоковольтных соединений в виде коронных разрядов применяются специальные конструкции, исключая острые кромки и обеспечивающие минимально возможную напряженность поля на самих соединениях и на металлических частях испытательной установки, расположенных вблизи от высоковольтных соединений. Помехи от элементов системы измерения требуют либо совершенствования конструкции блоков и узлов и корректных соединений измерительных кабелей и приборов, исключая образование паразитных контуров, либо применения надежного экранирования.

В докладе сообщается о совершенствовании конструкции блоков и узлов и корректных соединений измерительных кабелей исключая образование паразитных контуров.

УДК 621.316

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА SIMULINK ДЛЯ РАСЧЕТОВ РЕЖИМОВ ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

**БАГАУТДИНОВ В.Ф., ГАЛИЕВ А.А., РИЗВАНОВА Г.И.,  
ФИЛИНОВА А.Д., КГЭУ, г. Казань**

**Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. АХМЕТШИН А.Р.**

При расчете сложной разветвленной сети появляется необходимость расчета её параметров. Введение новых потребителей и источников, а также изменение конфигурации сети, требует получения новых параметров сети и проверки допустимости таких изменений.

Волновая природа электромагнитных процессов, проходящих на линиях электропередач сверхвысокого напряжения, заметно влияет на режим работы сети. Избыточная генерация реактивной мощности может привести

к недопустимому повышению уровня напряжения, что приводит к необходимости применения специальных средств, направленных на компенсацию реактивной мощности линии, в частности шунтирующих реакторов.

Matlab программный пакет, включающий в себя вычисления, визуализацию и программирование в удобной среде. Программа Simulink является приложением к пакету Matlab. При моделировании с использованием Simulink реализуется принцип визуального программирования. Библиотека блоков SimPowerSystems, которая является одной из множества дополнительных библиотек Simulink, ориентированных на моделировании электротехнических устройств: источников энергии, электродвигателей, трансформаторов, линий электропередачи, силовой электроники и т.п. Благодаря программному пакету Matlab можно изучать процессы, протекающие в дальних электропередачах сверхвысокого напряжения. Программа позволяет строить графические временные и векторные диаграммы, имитировать динамические и статические системы, исследовать работу систем и сетей. В программе имеется возможность рассчитать установившийся режим работы системы на переменном токе, выполнить расчет импеданса участка цепи, получить частотные характеристики, проанализировать устойчивость, а также выполнить гармонический анализ токов и напряжений.

УДК 620.19

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

БАЙМУРЗИНА А.А., ХУСНУТДИНОВА И.Г., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БАШИРОВ М.Г.

Одной из важных проблем обоснования продления ресурса электроэнергетического оборудования является учет деградации свойств конструкции оборудования в процессе эксплуатации. С этой целью выполняют неразрушающий контроль элементов электроэнергетического оборудования наиболее эксплуатационно нагруженных и подверженных максимальным негативным воздействиям.

Авторами проведена попытка систематизировать современные исследования и знания в области неразрушающего контроля, распознавания состояния материала и количественной оценки уровня его поврежденности, выполняется работа по созданию бесконтактного устройства, осно-

ванного на электромагнитно-акустическом методе и позволяющего комплексно оценить текущее техническое состояние и прогнозировать ресурс безопасной эксплуатации электроэнергетического оборудования.

Акустические методы требуют наличия хорошо подготовленной поверхности объекта контроля и контактной жидкости для обеспечения передачи акустических волн от преобразователя к изделию. Вихретоковые методы обеспечивают бесконтактный контроль объектов, но позволяют контролировать только поверхностные слои металла оборудования. Инденторный метод требует механического контакта с поверхностью объекта и оставляет повреждения на поверхности объекта в виде вмятин от действия индентора. На результаты контроля магнитными методами оказывают влияние магнитная предыстория металла и внешние магнитные поля. Приведенные методы направлены на поиск уже развитых дефектов.

С точки зрения экспресс-оценки состояния металлических конструкций в производственных условиях наибольший интерес представляет электромагнитно-акустический метод. Электромагнитно-акустический метод позволяет бесконтактно считывать информацию о напряженно-деформированном состоянии и уровне поврежденности металла оборудования.

УДК 621.311

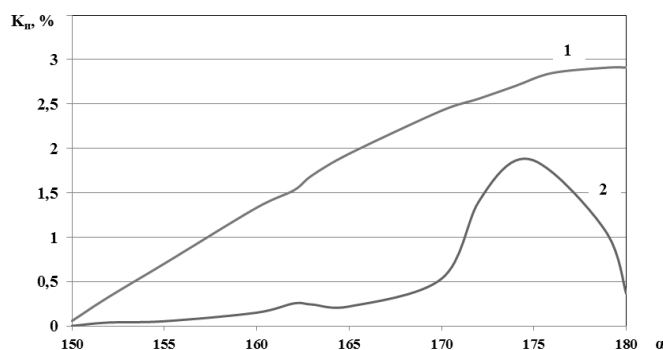
## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУНТИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА, УПРАВЛЯЕМОГО ПО 12-ПУЛЬСНОЙ СХЕМЕ**

БАЛАБАНЧИК С.В., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ШАКУРСКИЙ В.К.

Управляемые шунтирующие реакторы трансформаторного типа (УШРТ) получают все более широкое распространение в электрических сетях. Несмотря на ряд достоинств, УШРТ с тиристорным управлением в вентильной обмотке присущ существенный недостаток – повышенное содержание высших гармоник. Известны некоторые решения, позволяющие улучшить гармонический спектр тока. Одно из решений – использование расщепленной вентильной обмотки, с управлением реактора по 12-пульсной схеме – было реализовано в программе Matlab (пакет Simulink). Разработана модель данного реактора – РКТРВД-60000/220. Также была разработана модель «обычного» реактора, с одной вентильной обмоткой, управляемого по 6-пульсной схеме – РКТВДЦ-50000/110. Был проведен гармонический анализ спектра тока сетевой обмотки каждого из

реакторов. Для сравнения, на рисунке изображена зависимость суммарного коэффициента гармонических искажений тока  $K_{И}$  в сетевой обмотке от угла отпирания тиристоров  $\alpha$ , для РКТВДЦ-50000/110 (1) и РКТРВД-60000/220 (2).



Зависимость  $K_{И}$  от  $\alpha$

Видно, что в целом, коэффициент искажения в УШРТ с расщепленной обмоткой ниже, чем в первом. Это достигается, прежде всего, за счет подавления гармоник с номерами  $6(2n - 1) \pm 1$ . Кроме того, существенно отличается характер зависимостей.

Тем самым, результаты моделирования подтвердили эффективность данного схемного метода снижения высших гармоник тока.

УДК 621.313:519.85

## ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ЕЭС И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

БАХТЕЕВ К.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

Малая распределенная энергетика (МРЭ) – это распределенное (децентрализованное) производство электрической и тепловой энергии, в том числе из возобновляемых источников энергии.

Важным условием надежной работы малой генерации является устойчивость синхронных генераторов при параллельной и раздельной работе с энергосистемой.

Расширение малой генерации создает сложности в управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы, что является основной про-

блемой для поддержания стабильной работы энергосистемы. Появляются такие проблемы, как:

- обеспечение устойчивости энергосистемы при отключении большого числа установок и т.д.;
- реверсивные потоки мощности в сетях низкого и среднего напряжения;
- избытки мощности и проблемы регулирования частоты;
- переходные процессы, возникающие вследствие коротких замыканий, перенапряжений, быстрого изменения соотношения потребляемой активной и реактивной мощностей в сети и т.п.

Для решения проблемы была создана модель в среде MATLAB, использование которой позволит проверить критические условия вылета генератора из сети при удаленных КЗ.

Это распространенная причина срыва технологических процессов непрерывных производств, поэтому эта проблема является наиболее актуальной.

УДК 621.311.04

## **СВЕТОДИОДНЫЙ ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ**

БИБИКОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЗАРИПОВ Д.К.

Ключевую роль в надежности электроснабжения потребителей играет безотказная работа электрической изоляции воздушных линий электропередачи и подстанций. Безусловным приоритетом в организации контроля технического состояния изоляции является ее мониторинг под рабочим напряжением с помощью индикаторов дефекта.

В высоковольтной лаборатории Казанского государственного энергетического университета проводились эксперименты с использованием светодиодных и газоразрядных (неоновых) индикаторов. Целью экспериментальной работы являлось показать практическую возможность обнаружения дефекта изоляции с помощью данных индикаторов.

Рассмотренные индикаторы являются простыми и достаточно дешевыми устройствами для диагностики состояния изоляции на ранних стадиях ухудшения ее диэлектрических свойств. При этом, однако, слабая яркость свечения индикаторов потребует проведение диагностики при отсутствии помех создаваемых прямым солнечным излучением или другими

внешними источниками. Для обнаружения свечения светодиодных индикаторов необходимо выполнение работ ночью с использованием высокочувствительных видеокамер. Повышение яркости свечения индикаторов возможно при использовании их в схеме с электронными усилителями, для питания которых можно использовать, например, энергию электрического поля высоковольтной установки. При разработке промышленных образцов индикаторов также должны быть решены проблемы устойчивости к загрязнениям и неблагоприятным погодным условиям, грозovým и коммутационным перенапряжениям.

УДК 621.311

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДСТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

БИЯТТО Е.В., ПРИВАЛИХИНА К.К., КузГТУ, г. Кемерово  
Науч. рук. доц. ДОЛГОПОЛ Т.Л.

В последнее время вопросам энергосбережения во всех элементах систем электроснабжения потребителей уделяется все большее внимание. Сетевые компании для снижения затрат электроэнергии на собственные нужды, при реконструкции подстанций отдают предпочтение энергоэффективному силовому оборудованию.

Кроме того, современное электрооборудование имеет гораздо большие межремонтные интервалы, что обуславливает значительное снижение эксплуатационных расходов на обслуживание.

Одними из основных элементов оборудования на подстанции являются силовые выключатели с разъединителями и силовые трансформаторы. С начала 2000 гг. в западных странах активно проводится реконструкция подстанций с отдельно стоящими выключателями и разъединителями с использованием новых коммутационных аппаратов-выключателей-разъединителей ВР, которые совмещают в себе функции выключателя и разъединителя. Площадь подстанции при этом сокращается в среднем на 50 %, снижаются затраты на эксплуатацию, а также время простоя из-за обслуживания с 3,1 часа/год для выключателя с разъединителями до 1,2 часа/год для ВР. Также существенно уменьшаются потери электрической энергии и эквивалент выброса CO<sub>2</sub>, что является важным экологическим фактором. По результатам расчетов экономия энергии при использо-

вании ВР в течение всего срока службы составляет около 1000 МВтч, эквивалент выброса CO<sub>2</sub> сокращается с 762 тонн для РВР до 75 тонн для ВР.

По данным годовых отчетов одной из энергетических компаний Сибири потери в силовых распределительных трансформаторах 6-10/0,4 кВ ориентировочно составляют 20 % от общих потерь в электрических сетях.

В связи с этим, использование силовых энергосберегающих трансформаторов в системах электроснабжения является весьма актуальным. Снижение потерь достигается путем сборки магнитопровода по технологии «step-lap», а также при использовании аморфной стали, при этом потери холостого хода в этих трансформаторах ниже более, чем в 5 раз по сравнению с традиционными магнитопроводами из электротехнической стали.

Применение энергосберегающего электрооборудования на подстанциях позволит ежегодно экономить десятки миллиардов рублей.

УДК 621.311.04

## **РЕАКЦИЯ ГЛАЗА НА ИМПУЛЬСНЫЙ СВЕТ И ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ НА ФИЗИОЛОГИЮ ЧЕЛОВЕКА**

БОЛЬШАКОВА Ю.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. САДЫКОВ М.Ф.

Восприятие света начинается со зрачка нашего глаза, который контролирует подачу света на сетчатку, а после по зрительному нерву свет достигает нашего мозга, которым мы можем дать рефлекторную отдачу реакции на поступающий свет. Глаз человека – парный сенсорный орган (орган зрительной системы) человека, обладающий способностью воспринимать электромагнитное излучение в световом диапазоне длин волн и обеспечивающий функцию зрения. При усилении освещения, попадающего на глаз, зрачок закономерно сужается до 1,8 мм, при уменьшении света – расширяется до 7,5 мм (для здорового человека). У человека реакции зрачка на свет могут осуществляться только рефлекторно. Поступающий свет в наш глаз имеет разную: длину волны, частоту, пульсацию и несет за собой последствия, которые могут навредить механизму глаза, а также нервной системе человека. Неосторожность в использовании низкочастотных газоразрядных ламп на производстве может привести к нарушению безопасности человека, так как возможна иллюзия, что части станка (механизма) кажутся абсолютно неподвижными. Импульсный свет создает стробоскопический эффект. Это происходит, если частота мерцания лампы



совпадает с амплитудой движения, при этом нарушается нервная система человека.

В данной научной работе моей целью является провести ряд экспериментальных работ. Используя: световой импульсный источник, видеокамеру и функционирующий, здоровый глаз человека. В эксперименте предполагается изменения частоты пульсации импульсного источника света, и наблюдение реакции зрачка, то есть скорость сужения и расширения, появления колбочек и палочек в видимом изображении, после данной пульсации. Определение реакции зрачков (радужной оболочки) на импульсный свет позволяет выявить поражения зрительных путей. По проведению эксперимента задачей является выявить границу частоты пульсации света, на которую зрачок перестанет реагировать, так как пульсация будет не ощутима глазу. По итогам мы определим норму частоты пульсации света, допускающуюся для рабочих помещений и не только. При помощи литературы и медико-биологических статей, произведем заключение о вреде импульсного освещения на человеческий глаз, а также пропускательный глазной нерв и нервную систему человека.

УДК 621.313

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА И МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ БЕЗ СНЯТИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

БУРГАНОВ А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИВШИН И.В.

Определение технического состояния трансформаторов и их систем различными фирмами производится на основании результатов нескольких основных независимых видов диагностики:

- контроля уровня электроразрядной активности;
- тепловизионного контроля;
- контроля параметров трансформаторного масла;
- вибродиагностики;
- анализа эксплуатационной документации и проф. испытаний.

При этом выполняются обследования активной части трансформатора (магнитопровод, обмотки), высоковольтных вводов, РПН или ПБВ и систем охлаждения, типовая техническая программа обследований трансформаторов. Экспертная программа «PD-Expert» позволяет формировать диагностический паспорт, применительно к силовому трансформатору.

Во-первых, можно проводить диагностику технического состояния изоляции на основе использования специфического набора дефектов, возникновение которых возможно внутри данного типа оборудования, причем, часть из этих дефектов может быть уникальными.

Во-вторых, появляется возможность максимально корректно учитывать особенности проявления каждого из выявляемых дефектов, возникающих в изоляции оборудования контролируемого типа.

Диагностический паспорт определяет порядок проверки замеров частичных разрядов на соответствие признаков конкретных дефектов в изоляции оборудования, причем все процедуры проводятся в автоматическом режиме.

УДК 621.311:681.5

## **УМНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ ДЛЯ ПИТАНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

ВАЛЕЕВ И.Ш., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

На данный момент существует проблема электрификации удаленных потребителей, расположенных далеко от коммуникаций, в частности от линий электропередач, что делает и её подключение экономически невыгодным. Чтобы решить данную задачу используют автономные источники питания.

подавляющее большинство систем автономного электроснабжения построены на основе электростанций с двигателем внутреннего сгорания, которые используют в качестве топлива бензин, дизельное топливо или газ. Такие электростанции обладают одним главным преимуществом – генерируют электричество практически в любом месте и практически в неограниченном объеме. Но при этом имеют существенные недостатки: дороговизна топлива, неэкологичность, высокий уровень шума и т.д. Избавиться от всех недостатков электростанций с двигателем внутреннего сгорания позволяет использование современных электронных систем с накоплением энергии, в частности инвертор с аккумуляторными батареями. Также возможна установка ветрогенератора и солнечных батарей.

Целью данной работы является проектирование электроснабжения удаленных потребителей с применением всех возможных автономных источников питания. Будет учитываться особенность территории, а в частно-

сти скорость и частота ветров, с применением информационных данных от NASA.

УДК 621.311:681.5

## **ЯЗЫК ОПИСАНИЯ КОНФИГУРАЦИИ ДЛЯ СВЯЗИ МЕЖДУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ**

ВАЛЕЕВ И.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛИЗУНОВ И.Н.

Компания Херох в 1976 г. разработала протокол Ethernet. Стандартная спецификация Ethernet была опубликована Институтом инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) как протокол Ethernet IEEE-802.3. Используемая в этом протоколе методология управления называется множественным доступом с контролем несущей и обнаружением конфликтов (carrier sense multiple access with collision detection, CSMA/CD). При использовании упомянутого протокола узел, который желает передать данные по сети, вначале прослушивает локальную сеть, чтобы определить, используется ли она. Если локальная сеть не используется, узел начинает передавать данные. Если сеть занята, узел дожидается освобождения локальной сети в течение определенного времени, а затем захватывает управление линией.

МЭК 61850 определяет формат файлов описания конфигурации специальных специфичных для систем связи интеллектуальных электронных устройств (IED-устройств), а также параметров IED-устройств, конфигурации систем связи, структур (функций) распределительного устройства и отношений между ними. Основное назначение этого формата – совместимый обмен описаниями возможностей IED-устройств и SA-системы между средствами программирования IED-устройств и средствами программирования систем различных изготовителей.

На вновь строящихся энергообъектах обмен дискретными сигналами между микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА) осуществляется по протоколу GOOSE (МЭК 61850-8-1), их интеграция в систему АСУ ТП производится согласно протоколу MMS, а самая ближайшая перспектива – передача измерений от первичных измерительных преобразователей тока и напряжения в цифровом виде в формате протокола МЭК 61850-9-2LE. Передача данных, в том числе ответственных сигналов, согласно вышеуказанным протоколам

производится по сети Ethernet, неотъемлемой частью которой являются коммутаторы. От устойчивости их работы зависит техническое совершенство комплексов РЗА (надежность, чувствительность, селективность, быстрдействие) и к ним должны предъявляться такие же жесткие требования как и к устройствам РЗА.

УДК 621.313

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ**

ВАЛИЕВ А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИВШИН И.В.

Статистический анализ результатов тепловизионного контроля показал, что на анализ результатов тепловизионного обследования оборудования влияют субъективные факторы, обработка полученных данных обследования, постановка диагноза во многом зависит от оператора-тепловизионщика, вследствие чего возникает возможность появления ошибок.

Предложено использовать методику анализа термографических информационных функций, а реализовать этот метод анализа средствами математической среды MathCAD.

Первичной информацией являются термограммы, полученные с поверхностей обследуемых объектов с помощью тепловизоров, имеющих выход исходной информации в цифровом виде.

В качестве инструмента обработки термограмм выбрана математическая среда MathCAD, которая позволяет преобразовывать изображения (термограммы) в числовые матрицы. В дальнейшем полученные матрицы экспортируются в Excel, где производится их обработка.

Распределение температур по поверхности трансформатора несет информацию о наличии распределенных источников тепловыделения; эффективности системы охлаждения; наличии локальных температурных аномалий. Метод анализа термографических информационных функций позволяет на рабочем напряжении выявлять в активной части трансформаторов скрытые дефекты.

УДК 621.316

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ**

ВОЛЧКОВ Р.С., ВОЛЧКОВ Э.С., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. АХМЕТШИН А.Р.

Для электросетевых компаний соблюдение нормативного уровня напряжения является актуальной проблемой. На производстве и в быту используется множество электроприборов, в состав которых входят элементы, крайне чувствительные к отклонениям напряжения от допустимых значений. Сбой в их работе может обусловить выход из строя оборудования или расстройство технологических процессов. В свою очередь, это приводит к экономическим потерям для электросетевых компаний, так как потребитель вправе потребовать не только замену вышедшего из строя оборудования, но и денежные средства от недоотпуска продукции. Для распределительных электрических сетей напряжением 10 кВ характерны большое количество понизительных подстанций и расстояния до конечных потребителей до нескольких десятков километров. Линии электропередачи, спроектированные по нормам электропотребления более чем десятилетней давности, уже не обладают требуемой пропускной способностью. В результате напряжение у потребителей снижается за допустимый уровень.

Для решения проблемы с отклонением напряжения применяют пункты автоматического регулирования напряжения (ПАРН) для напряжений 10 кВ.

При установке ПАРН в двух фазах напряжение регулируется в пределах  $\pm 10\%$ ; при установке ПАРН в трех фазах – в пределах  $\pm 15\%$ .

Компенсация реактивной мощности (КРМ) приводит не только к уменьшению потерь активной мощности, но и к повышению показателей качества электроэнергии (ПКЭ). КРМ до 0 имеет положительный экономический эффект. Поскольку не редки случаи, когда необходимо повысить напряжение на 11 или 16 %, что говорит об установке не двух, а трех ВДТ или не трех, а двух групп по два ВДТ, что обуславливает большие денежные затраты, возникает необходимость в определении эффективности совместного использования КРМ и ПАРН для повышения ПКЭ.

УДК 621.316

## **УСТРАНЕНИЕ НЕСИММЕТРИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4-10 КВ**

ВОЛЧКОВ Э.С., ВОЛЧКОВ Р.С., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ЗИМНЯКОВ С.А.

Одной из проблем является обеспечение потребителей распределительных электрических сетей (РЭС) напряжением 0,4-10 кВ качественной электроэнергией (КЭ). Важнейшими показателями КЭ являются уровень и несимметрия напряжения, отклонение которых от нормативных показателей ведет к нарушению работы и уменьшению срока службы электрооборудования. При невыполнении нормативных показателей электроэнергии потребитель вправе потребовать от электроснабжающих компаний возмещение ущерба.

Под воздействием неравномерного распределения нагрузок в трёхфазной электрической сети имеет место несимметрия напряжений. В результате возникают дополнительные потери мощности, значительно снижается срок службы электрических машин. Для устранения несимметрии фазных напряжений выпускаются трансформаторы с симметрирующей обмоткой (ТСО). Однако, в настоящее время отсутствует методика расчета режимов электрических сетей напряжением 0,4 кВ при их установке, что делает актуальной задачу разработки оценки эффективности их применения.

Рассматриваемые трансформаторы за счет использования специальной СО позволяют при несимметричной нагрузке уменьшить перекося фазных напряжений и соответственно снизить потери электроэнергии в РЭС. Актуальной задачей является разработка методики определения параметров схемы замещения ТСО с разными схемами соединения обмоток. Стандартных параметров трансформаторов, полученных из опытов холостого хода и короткого замыкания, недостаточно для расчета параметров схемы замещения ТСО. Поэтому в работе предлагается дополнительно использовать внешние характеристики, снятые для неполнофазных режимов работы ТСО.

Определение параметров схемы замещения ТСО со схемами соединения обмоток «треугольник – звезда» и «звезда-звезда» на основе внешних их характеристик в несимметричных режимах для оценки технической эффективности от установки ТСО.

УДК 621.316.172

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЭС БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

ВОРОБЬЕВА Д.Ю., ГЛУШКОВА А.И., КузГТУ, г. Кемерово  
Науч. рук. доц. ДОЛГОПОЛ Т.Л.

Энергосбережение в системах электроснабжения бытовых потребителей является крайне актуальным, так как в России энергоэффективность сферы ЖКХ превышает среднемировые показатели более чем в 2 раза. СЭС бытовых потребителей городов и в сельской местности отличаются способом построения, конструктивным выполнением сетей, по обеспечению требуемой надежности электроснабжения.

Основным критерием оценки энергоэффективности систем электроснабжения бытовых потребителей, как и любых других, является уровень потерь при транспортировке электрической энергии. Величина потерь электроэнергии характеризует существующее техническое состояние оборудования, уровень эксплуатации распределительных электрических сетей, состояние систем учета электрической энергии.

В качестве исходной информации в работе были использованы объемы электропотребления многоквартирными жилыми домами, расположенными в разных районах г. Кемерово, а также однолинейные схемы сельских электрических сетей и данные по объемам ежемесячного электропотребления отдельных абонентов в нескольких поселках Кемеровского района за 2013 г.

Для многоквартирных домов были проанализированы расходы электроэнергии на общедомовые нужды, которые в среднем составили более 25 % от общего количества потребляемой электрической энергии, а также предложены и оценены мероприятия по уменьшению объемов электропотребления в этих домах.

В работе также был оценен уровень потерь электрической энергии в СЭС сельских потребителей: в линиях электропередач и в трансформаторах.

Кроме этого качество поставляемой бытовым потребителям электроэнергии оказывает существенное влияние на энергоэффективность систем электроснабжения, так как отклонения показателей качества электроэнергии от нормативных значений приводят к значительному увеличению потерь электрической энергии в различных функциональных частях этих систем.

Дополнительные потери электроэнергии в системах электроснабжения бытовых потребителей из-за низкого качества электрической энергии могут превышать 100 %. Только за счет выравнивания нагрузки по фазам можно снизить потери электроэнергии в сетях бытовых потребителей более чем на 50 %.

УДК 621.316.1.05

## **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНИРОВАННОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

**ВОРОНИН К.А., ХРЕНОВ Л.А., УГАТУ, г. Уфа**  
Науч. рук. доц. **ВОЛКОВА Т.Ю.**

Не секрет, что технологическую основу инновационной модернизации электроэнергетики России должна составить интеллектуальная электроэнергетическая система России с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС), в создании концепции которой приняли участие ведущие российские научные и проектные организации, в том числе ИПУ РАН.

По мнению многих специалистов в данной области, современное преобразование существующих энергосистем на базе интеллектуальных сетей (Smart Grid) является крайне важным фактором технологического, экономического прорыва. Реализация такого широкомасштабного проекта будет способствовать развитию инновационных технологий, разработке высокоинтеллектуальной продукции, развитию новых отношений на рынке электроэнергии с привлечением в отрасль потребителей в качестве активных игроков рынка (использующих локальные генерирующие источники). В связи с вышесказанным целесообразность внедрения Smart Grid в плане повышения качества и надежности работы энергосистем очевидна.

ИЭС ААС представляет собой не только линии электропередачи различных классов напряжения и устройства по преобразованию электроэнергии, коммутационные аппараты – но и современные информационно-технологические и управляющие системы.

Основной задачей, определяющей преимущества системы координированного адаптивного управления ЕЭС на базе активно-адаптивных сетей – по отношению к традиционной концепции Smart Grid, представляемой зарубежными специалистами, является разработка и внедрение моделей и интеллектуальных алгоритмов оценки состояния реального времени и адаптивного управления для повышения эффективности функционирования электроэнергетических систем.



Формируемая в настоящее время система координированного управления электроэнергетической системой представит собой интеллектуальный информационно-алгоритмический комплекс, интегрируемый с системами контроля параметров процессов энергосистемы. Система позволит в режиме реального времени не только осуществлять мониторинг текущего состояния энергосистемы и всех ее элементов, но и управлять большим количеством процессов, что крайне актуально.

УДК 621.315

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРА И МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

ГАБДРАХИМОВ И.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГАТАУЛЛИН А.М.

В настоящее время активно развивается диагностика кабелей и изоляторов высоковольтного электрооборудования методом частичных разрядов. Опыт показывает, что повреждения чаще всего возникают в местах присоединения кабеля к шинам: концевых муфтах и соединительных муфтах. Проблема заключается в разработке и внедрении эффективных методов диагностики. Создание и внедрение эффективной диагностики кабелей и оборудования может не только повысить их эксплуатационную надежность, но и уменьшить материальные затраты на обслуживание и испытания.

Целью исследования является разработка on-line системы диагностики состояния кабеля среднего напряжения из сшитого полиэтилена и бумажно-масляной пропитанной изоляции (БМПИ) по характеристикам частичных разрядов. Исследования предполагаются проводить в лабораторных условиях и на полигоне КГЭУ, с применением стандартного оборудования и трехфазного кабеля 6-10 кВ из сшитого полиэтилена, а также кабеля с бумажно-масляной пропитанной изоляцией. Предлагается реализовать локационный метод диагностики, установив датчики в местах расположения соединительных и концевых муфт, а с помощью генератора предполагается инжектировать диагностические импульсы в различные точки кабеля. На данный момент проведен обзор литературы и определен набор оборудования, в том числе рассчитаны параметры катушки для согласования диагностического импульса с волновым сопротивлением кабеля. Также предполагается вести пассивный прием частичных разрядов.

УДК 621.313

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

ГАЗИЗОВ А.И., ЯНЧУРИНА А.М., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. асс. ЧУРАГУЛОВ Д.Г.

На предприятиях нефтегазовых производств доля машинных агрегатов с электрическим приводом составляет порядка 35 % всего оборудования, используемого для ведения технологических процессов, и, соответственно, основная доля отказов оборудования приходится на машинные агрегаты. Их работоспособность во многом определяет энергоэффективность оборудования и надежность всего технологического комплекса.

В настоящее время значительная часть машинных агрегатов нефтегазовых производств выработала свой ресурс, что повышает риск возникновения аварий.

В данной работе предлагается использование программно-аппаратного комплекса для оценки технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом по значениям параметров высших гармонических составляющих токов и напряжений.

Программно-аппаратный комплекс состоит из анализатора спектра гармоник токов и напряжений в комплекте с трехфазными измерительными преобразователями тока и напряжения, персонального компьютера типа ноутбук со специально разработанным программным обеспечением. Процедура диагностирования электродвигателя состоит из следующих этапов: 1 – измерение фазных токов и напряжений электродвигателя; 2 – разложение токов и напряжений в ряд Фурье; 3 – фильтрация высших гармонических составляющих, поступающих в двигатель из сети; 4 – загрузка или обучение нейросети; 5 – анализ высших гармонических составляющих с использованием нейросети; 6 – выдача результатов о техническом состоянии электродвигателя.

Программно-аппаратный комплекс позволяет без вывода оборудования из работы производить оценку технического состояния машинных агрегатов и выявлять неисправности на ранней стадии их развития, проводить мониторинг энергоэффективности работы оборудования.

УДК 620.192.34

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

ГАЗИЗОВА Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УСАЧЕВ А.Е.

Для обеспечения надежного снабжения потребителей электрической энергией все высоковольтное оборудование подвергается периодическим поверкам. Регистрация уровней ЧР в изоляции высоковольтного оборудования является важным методом обнаружения дефектов на ранней стадии их развития.

В настоящей работе сообщается о моделировании дефектов в полимерной изоляции методом конечных элементов в программной среде Comsol. Целью работы являлись расчеты электрических полей в изоляции с дефектами. Такие расчеты позволяют предсказать напряжение возникновения ЧР в изоляции с дефектами различной формы. Были проведены расчеты для дефектов сферической формы, плоских дефектов, дефектов типа острие и т.д.

Для каждого из типов дефектов определены коэффициенты превышения максимальной напряженности электрического поля вблизи дефекта над средней напряженностью поля. По этим результатам можно легко определить напряжение зажигания и гашения ЧР при приложении к ним синусоидального напряжения промышленной частоты.

Отмечено, что рост числа дефектов сопровождается нелинейной зависимостью максимальной напряженностью электрического поля.

На основании модельных расчетов было сделано предположение, что при развитии дефектов будет понижаться напряжение зажигания и погасания частичных разрядов, следовательно, будет расширяться зона фазовых углов, в которых наблюдаются частичные разряды.

УДК 621.311

## **СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ С ДВУСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ**

ГАЛИЕВ Р.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. МАКЛЕЦОВ А.М.

Основная часть общих потерь электроэнергии приходится на долю распределительных сетей. В связи с этим снижение потерь электроэнергии именно в таких сетях является очень актуальной проблемой.

На сегодняшний день оптимизация режимов работы сетей с двусторонним питанием осуществляется регулированием напряжения в центрах питания и размыканием сетей в целях перераспределения потоков мощности. Регулирование модуля напряжения не позволяет оптимизировать потоки активной и реактивной мощности от каждого центра питания. Применение реклоузеров позволяет оптимизировать эти перетоки. Однако размещение реклоузеров в сети фиксировано, а точка раздела потоков мощности изменяется в течение суток. Кроме того, оптимальные точки размыкания для потоков активной и реактивной мощности могут не совпадать. Указанные причины заставляют рассматривать альтернативные варианты оптимизации режима работы сети с двусторонним питанием.

Предлагается применение специальных трансформаторов, позволяющих регулировать модуль и фазу напряжения от источника питания. Это позволит перераспределить потоки мощности в сети и существенно снизить потери при передаче электроэнергии. Продольно-поперечное регулирование позволяет формировать оптимальные точки потокораздела по активной и по реактивной мощности, обеспечивая экономичное распределение потоков. На основании проведенных расчетов, удалось определить необходимые пределы регулирования напряжения на одном конце ЛЭП с двусторонним питанием как по модулю, так и по фазе.

Уровень снижения потерь электроэнергии предлагаемым методом, зависит от степени однородности электрической сети, ее протяженности и характера нагрузок, а также от возможных пределов регулирования напряжения.

Целесообразность применения трансформаторов с продольно-поперечным регулированием определяется после анализа режимов работы сети и оценки уровня возможного снижения потерь электроэнергии.

УДК 621.38

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА СВЕТОТЕХНИКИ**

ГАЛИМОВА А.С., НИКИТИНА К.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. ст. преп. КУЗНЕЦОВА М.А.

Физический эффект генерации света полупроводниковыми структурами был обнаружен около 100 лет назад. Примерно в то же время Т. Эдисон создал лампу накаливания, которая 100 лет служила человечеству, оставляя в тени робкие «полупроводниковые люмены» светодиодов.

Наш XXI век обещает стать веком именно светодиодного света, света эффективного, надежного, комфортного и доступного во всех уголках земного шара.

Прогресс в этой области стал возможен благодаря достижениям полупроводниковых технологий, у истоков которых стояли российские ученые во главе с лауреатом Нобелевской премии Жоресом Алферовым. Стремительный рост эффективности светодиодов позволил в течение десятилетия догнать по такому показателю как светоотдача наиболее совершенные газоразрядные лампы, не говоря уже о старожилах отрасли – лампах накаливания. По прогнозам, стоимость 1 лм излучения, сгенерированного светодиодными источниками, к 2016 г. сравняется со стоимостью светового потока газоразрядных ламп, а в 2020 г. этот показатель достигнет 1 долл. за 1000 лм. Таким образом, у традиционных источников света уже в ближайшем будущем не остается шансов на «мирное сосуществование» со светодиодами. И многие производители это хорошо понимают.

К 2016 г. световая отдача промышленных светодиодов приблизится к 200 лм/Вт. Достичь этих показателей традиционным источникам света уже не под силу. Высокая светоотдача в сочетании с падением цен на светодиоды откроет широкую дорогу их использованию в осветительной технике. Отдельные недостатки светодиодов перестанут быть сдерживающим фактором их применения.

Сохранится лидерство источников света для наружного освещения, однако оно, главным образом, станет определяться уличным и консольным сегментами, а не архитектурным светом. Офисное освещение подтвердит свое историческое лидерство в нашем ассортименте. Существенно вырастет доля освещения торговых залов, в котором наиболее эффективно будут задействованы светильники направленного и общего освещения.

УДК 620.4

## **БИОГАЗ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ**

ГАЛИМХАНОВ З.Т., МУХАМЕТШИН А.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. СИДОРЕНКО С.Р.

Биогаз – газ, получаемый водородным или метановым брожением биомассы. Благодаря биогазу достигается и технологическая гибкость. Его использование дает возможность получения одновременно нескольких видов энергоресурсов – газа, моторного топлива, тепла, электроэнергии.

Стоимость 1 кВт установленной электрической мощности биогазовой станции колеблется от 2 до 5 тыс. евро. Сопоставление уровня капиталовложений на единицу мощности с другими источниками энергии показывает, что проигрыш биогазовой энергетики по данному показателю не очевиден. Например, стоимость крупных атомных электростанций оценивается в 5 тыс. евро за 1 кВт. Стоимость 1 кВт крупных ветроэлектростанций составляет около 2 тыс. евро, солнечных станций – 5 тыс. евро.

Проблема заключается в необходимости гарантированного сбыта произведенной электроэнергии. Потенциальное производство в России биогаза – до 72 млрд м<sup>3</sup> в год. Возможное производство из биогаза электроэнергии в год составляет 151 200 ГВт·ч. Пока проблема сбыта не решена. Экономически эффективный биогазовый потенциал, сосредоточенный в рамках крупных источников отходов, составляет в России не более 25 млрд куб. м в год.

Помимо ситуации в энергетике главным драйвером роста российского биогазового рынка является экологическая ситуация. Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу. Метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO<sub>2</sub>.

УДК 621.314.212

## **ДИАГНОСТИКА МАСЛОПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

ГАЛИШИНА И.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, проф. НОВИКОВ В.Ф.

Одним из ключевых направлений повышения эффективности производства является повышение надежности и долговечности энергетического оборудования. Важность вопроса подчеркивается Указом Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

Мой проект направлен на совершенствование хроматографического метода диагностики трансформаторного масла в высоковольтном оборудовании трансформаторных подстанций, в частности в силовых трансформаторах.

Современный опыт комплексных обследований электрооборудования показывает, что порядка 30 % трансформаторных масел, залитых в силовые трансформаторы, находится в «области риска». Это обуславливает

ся естественным ухудшением качества масла в процессе работы за счет термо окислительной деструкции, увлажнения и загрязнения механическими примесями.

Тонкослойная хроматография относится к одному из наиболее простых и доступных методов диагностики. Однако ограничением этого метода является скорость хроматографического процесса.

Исследование направлено на совершенствование и оптимизацию метода с помощью использования новых сорбентов.

УДК 621.315.1

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРЫВОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ**

ГАНИЕВ И.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

Одной из центральных проблем в российской энергетике становится разработка методов определения места обрыва на воздушных линиях электропередач. Своевременное устранение обрыва способствует меньшим финансовым потерям.

Задача определения места обрыва на воздушных линиях электропередач является наиболее сложной. Существующие методы и средства контроля мест повреждения не обеспечивают необходимой точности и оперативности.

В работе рассматривается решение этой проблемы на основе теории нейронных сетей. Искусственные нейронные сети обладают свойством обучаться, которое определяет их главное преимущество перед традиционными алгоритмами: нейронная сеть способна решать задачи при неизвестных закономерностях развития ситуации.

Разработана математическая модель распределительной электрической сети в программной среде MATLAB, на которой проводятся исследования по изменению параметров режима электрической сети при повреждениях в различных участках. Нужно отметить тот факт, что 3/4 всех трудозатрат на восстановление нормального режима воздушных линий приходится на поиск места повреждения, поэтому данный метод выявления места обрыва воздушных линий электропередач позволит существенно уменьшить затраты.

УДК 628.041.728

## ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЫТУ

ГАРЕЕВ М.О., НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. ИЗОТОВА П.А.

Неуклонный рост тарифов на услуги ЖКХ делает вопрос экономии актуальным для всех слоев населения.

Проведенный теоретический анализ способов экономии электроэнергии показывает, что они существенно различаются для жителей многоквартирных домов от способов экономии для жителей сельской местности или для владельцев частных домов. Но можно выделить общие группы электроприборов, в отношении которых можно рассматривать общие подходы.

Все электроприборы в квартире можно разделить на группы по назначению на осветительные, обслуживающие и прочие.

Осветительные приборы оптимизируются достаточно просто. Это энергосберегающие лампочки на базе люминофоров или светодиодов. Надо лишь позаботиться о правильном размещении источников света (не освещать углы без необходимости) и организовать их отдельное включение, в пределах комнаты, для освещения конкретной зоны. Можно отметить, что датчики движения (объема), управляющие освещением, или подсветка выключателя не оправдывают себя, т.к. мощность собственного потребления часто сопоставима с мощностью осветительного прибора.

К обслуживающим приборам отнесем устройства с достаточно большой мощностью: микроволновая печь, посудомоечная и стиральная машины, холодильник, электроплита и т.п. Для них есть одно общее правило – загрузка по максимуму, но на оптимальных режимах. Это объясняется тем, что программа устройства не анализирует загрузку, а работает по заданному временному циклу и, в тоже время, нагрев на дополнительные 10 градусов увеличивает потребляемую мощность 20-25 %.

Прочие приборы (музыкальный центр, компьютер, ЖК телевизор и т.п.) плохо поддаются процессу экономии электроэнергии. Единственно, что можно сделать, это установить доступный выключатель для отключения от сети всего прибора. Следует понимать, что режим ожидания не является необходимым для современной техники.



УДК 621.382

## **АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ КОММУТАЦИОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ АППАРАТОВ**

ГАРИПОВ С.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДОЛОМАНЮК Л.В.

В коммутационных полупроводниковых аппаратах (ПА) как гибридных, так и бесконтактных силовые полупроводниковые приборы входят в состав полупроводниковых ключей (ПК), обеспечивающих бездуговую коммутацию потоков электрической мощности, т.е. выполняющих основную силовую функцию коммутационного аппарата. В качестве СПП в указанных ключах используются однооперационные приборы (тиристоры, симисторы, оптронные тиристоры) либо двухоперационные приборы (IGBT-транзисторы, ГТО-тиристоры, ЮСТ-тиристоры).

Важнейшим фактором, определяющим надежность этого основного узла коммутационного ПА, является тепловой режим входящих в их состав. Основным параметром, характеризующим этот режим, является температура полупроводниковой структуры СПП, зависящая от характера подводимой мощности и его конструкции.

Поэтому расчет значений этой температуры при заданных условиях работы является одной из важнейших задач, возникающих при разработке и проектировании коммутационных ПА. Расчёт теплового режима СПП, используемого в ПА, заметно усложняется вследствие специфической формы импульсов рассеиваемой в полупроводниковой структуре мощности и нестационарного характера протекающих в СИЛ теплофизических процессов.

Основным режимом работающих в составе ПА СПП является импульсный режим. В этом режиме они работают в гибридных ПК переменного тока, в гибридных и бесконтактных ПК постоянного тока, особенно, когда эти приборы используются в схемах принудительной емкостной коммутации, также в бесконтактных ПК переменного и постоянного тока при аварийных режимах в цепи нагрузки. При этом форма токового импульса может быть произвольной при длительности до 0,02 с, т.е. данный режим СПП широко распространён в ПА и требует детального анализа.

Эта цель реализуется путём анализа аналитических методов расчёта температуры структуры СПП, выполненных на базе упрощённых тепловых моделей этих приборов.

УДК621.313

## **ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

ГЕВИС Г.Е., НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск

Науч. рук. канд. пед. н., доц. БУЛАТОВА В.М.

На потребление электрической энергии большое влияние оказывают погодные условия. Основными из них являются температура окружающего воздуха и освещенность. Эти показатели в значительной степени определяют глубокие сезонные колебания и суточную неравномерность графиков потребления. Устойчивые сезонные и суточные циклы колебаний погодных условий и их влияние на электропотребление могут использоваться при разработке прогнозов ожидаемых значений потребления при планировании и управлении режимами. Коэффициент влияния температуры, используемый на практике в электроснабжающих организациях для анализа и прогноза потребления имеет диапазон колебаний 0,5–1 % на 1 градус Цельсия.

Однако, в последнее время возникли два обстоятельства, определяющие необходимость более точного и полного учета влияния погодных условий при планировании и управлении режимами электроэнергетических систем.

Во-первых, это общее изменение структуры потребления – увеличение коммунально-бытовой и осветительной нагрузки и, как следствие, увеличение влияния метеорологических факторов на потребление.

Во-вторых, возникновение в последние годы устойчивых аномальных отклонений температуры наружного воздуха.

Аномальными считаются значительные отклонения МФ от устойчивых среднесезонных тенденций. Указанные колебания метеофакторов вызывают резкие скачки электропотребления, заставляющие срочно вводить дополнительные генерирующие мощности со всеми сопутствующими этой ситуации проблемами – нарушениями диспетчерских графиков, внеплановым расходом топлива, снижением надежности и экономичности режимов электрических сетей.

Аномальные колебания особенно сильно сказываются в весенний и осенний периоды, непосредственно примыкающие к отопительному сезону. В эти периоды эпизодические похолодания заставляют население прибегать к альтернативным источникам тепла, которыми, большей частью, становятся всевозможные виды электронагревателей. В основном в боль-

шинстве регионов эти похолодания наступали при отключенном центральном отоплении.

Таким образом, учет погодных условий необходим для точного анализа и прогнозирования электропотребления. Это позволит существенно повысить точность прогнозов режимных параметров электропитающих систем и соответственно повысить эффективность планирования и управления режимами.

УДК 621.311

## **ВНЕДРЕНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4 КВ**

ГИЛЯЗОВ И.Р., ПЭС, г. Казань

В последние годы особенно интенсивно застраивается индивидуальным жильем пригородная зона, кроме этого растет и энерговооруженность потребителей. Таким образом, увеличивается протяженность ЛЭП, а пропускная способность проводов становится недостаточной, что приводит к недопустимым падениям напряжения в конце линии 0,4 кВ. В связи с этим предлагаю альтернативные пути решения проблем пониженного напряжения в сетях 0,4 кВ:

1. Разукрупнение ВЛ 0,4 кВ или реконструкция с заменой провода.
2. Установка устройств компенсации реактивной мощности, собранного из конденсаторных батареи (УКРМ).
3. Установка вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ).

Разукрупнение ВЛ 0,4 кВ или реконструкция позволит повысить качество электроэнергии и надежность электроснабжения, однако требует больших капиталовложений и имеет длительный период реализации. Опытная эксплуатация УКРМ в ПЭС была проведена в 2011 г. в н.п. Ореховка Зеленодольского района для решения проблемы низкого напряжения в сети 0,4 кВ. В целом результаты проведенного эксперимента подтвердили эффективность управления таким параметром качества э/э как установившее отклонение напряжение у потребителей. В 2013 г. в рамках реализации проекта в Приволжских сетях был установлен первый ВДТ в н.п. Шали Пестречинского района на ВЛ 0,4 кВ. В процессе эксплуатации улучшение качества э/э нашли подтверждение. Выбор мест установки УКРМ и ВДТ проводился опытным путем непосредственно на объекте. Мной был проведен сравнительный анализ необходимых затрат на реализацию мероприятий по приведению параметров качества э/э в соответствие

с НТД в н.п. Шали Пестречинского района. Наиболее привлекательным выглядит вариант установки УКРМ, но, имеются ограничения по его использованию. По результатам опытной эксплуатации корректирующих устройств нами сделаны следующие выводы: 1) применение корректирующих устройств является временным оперативным решением проблемы низкого напряжения и позволяет в сжатые сроки стабилизировать уровень напряжения без проведения реконструкции ЛЭП; 2) ВДТ эффективно повышают напряжение, устраняют перекося напряжений по фазам, при несимметричной нагрузке; 3) УКРМ можно эффективно использовать для повышения напряжения в сетях, имеющих смешанную нагрузку; 4) ВДТ и УКРМ целесообразно применять на ВЛ 0,4 кВ при отсутствии возможности разукрупнения воздушной линии; 5) простой процесс монтажа, позволяет повторно использовать эти устройства на других объектах.

УДК 537

## **ДОК-СТАНЦИИ ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ И УСТРОЙСТВ ДИАГНОСТИКИ ОТ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

ГОРЯЧЕВ М.П., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛИЗУНОВ И.Н.

Док-станция – это устройство, предназначенное для подзарядки беспилотных аппаратов (БПА) и устройств диагностики ЛЭП, потребляющих электрическую энергию.

Принципиальным отличием является то, что устройство расположено непосредственно на токопроводе, находящемся под потенциалом высоковольтного провода линии электропередачи (ЛЭП).

Работа док-станции заключается в следующем:

- через вводную часть (однофазный трансформатор) происходит отбор мощности с высоковольтного провода линии электропередачи;
- мощность, выдаваемая от ТОЛС на напряжении 230 В, преобразуется на уровень напряжения 12 В с помощью дополнительного трансформатора;
- напряжение в 12 В, с помощью выпрямителя, преобразуется в рабочее напряжение (напряжение питания), подаваемое на контактную часть, с которой осуществляется подзарядка.

Установка док-станций позволит добиться следующих преимуществ:

1) полная энергонезависимость устройств диагностики ЛЭП, а также большая, а в перспективе, и полная энергонезависимость БПА различных типов (беспилотные летательные аппараты, инспектирующие роботы и др.);

2) возможность увеличения массы полезной нагрузки, используемой БПА;

3) в случае непрерывной диагностики ЛЭП, можно будет организовать совершенно новые способы контроля и анализа диагностических данных.

УДК 621.311

## **АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С УЧЕТОМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

ГУБАРЕВ А.А., МАКАРОВ Я.В., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДАШКОВ В.М.

Во многих случаях персоналу производственных отделений МРСК для разработки эффективных мероприятий по снижению потерь электроэнергии и анализа причин отклонений фактических потерь электроэнергии за отчетный период от величины потерь за аналогичный период предшествующего года (годов) необходимо учитывать влияние различных факторов. Такими факторами являются: параметры элементов электрической сети, режимы нагрузок, уровень напряжения и т.п.

В последние годы во многих научных изданиях при определении потерь электроэнергии отмечается необходимость учета метеорологических факторов (температура окружающей среды, скорость ветра, давление и т.п.).

При выполнении настоящей работы собраны статистические данные о метеоусловиях для каждого месяца года для трех производственных отделений одного из филиалов ОАО «МРСК-Волги» – «Самарские распределительные сети». Кроме этого из соответствующих служб отделений получены данные о количестве электроэнергии  $W$ , поступившей в электрические сети и отпущенной потребителям.

На основе расчетных формул нагрева проводников с током составлен алгоритм, позволяющий обосновать изменение величины ПЭ в предыдущих годах по сравнению с потерями электроэнергии в отчетном году за счет изменения температуры окружающей среды, скорости ветра и давления.

На начальном этапе работы построены факторные линейные регрессионные модели вида:

$$\Delta W = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 + a_6 \cdot x_6,$$

где,  $a_0$  – свободный член уравнения регрессии;  $a_1 \dots a_6$  – коэффициенты множественной регрессии;  $x_1$  – среднемесячная температура воздуха (0С);  $x_2$  – среднемесячная скорость ветра (м/с);  $x_3$  – суммарное количество осадков за месяц (мм);  $x_4, x_5$  – соответственно количество дней за месяц с гололедом, с изморозью;  $x_6$  – суммарное поступление электроэнергии за месяц (млн кВт/ч).

Для определения коэффициентов указанного уравнения использован метод наименьших квадратов.

УДК: 573.213

## О РАСЧЕТЕ ПЛОСКОГО ПОЛЯ

ГАРИФЬЯНОВ А.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИМАДИЕВ Р.Ш.

В пространстве, окружающим электрический заряд, возникает необходимость определения вектора неопределенности поля в комплексной форме. Сформулируем теорему.

Теорема. Решение задачи  $f(iz) + f(-iz) - f(z^{-1}) - f(-z^{-1}) = g(z), z \in D$ , является

интегралом типа Коши  $f(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \frac{(g^+(t) - \theta_t g^+[a(t)]) dt}{t - z}, z \notin D$ .

Доказательство. В силу теоремы Коши  $f(z) = -\frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \frac{\theta_t g^+[a(t)] dt}{t - z}, z \notin D$ .

Подставив это выражение в  $f(iz) + f(-iz) - f(z^{-1}) - f(-z^{-1}) = g(z), z \in D$ , имеем

$$-\frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \theta_t g^+[a(t)] E(z, t) dt = g(z), z \in D, \text{ где ядро } E(z, t) = (t - iz)^{-1} + (t + iz)^{-1} - (t - z^{-1})^{-1} - (t + z^{-1})^{-1}.$$

Запишем соотношение  $-\frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \theta_t g^+[a(t)] E(z, t) dt = g(z), z \in D$ , в виде

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \theta_t \alpha'(t) g^+(t) E(z, \alpha(t)) dt = g(z), z \in D. \text{ Но } \theta_t \alpha'(t) E(z, \alpha(t)) = (t - z)^{-1} + (t + z)^{-1} - (t + iz^{-1})^{-1} - (t - iz)^{-1}$$

вне зависимости от того, на какой стороне  $l_j$  лежит  $t$  (проверяется непосредственным перебором трех различных случаев). Остается сосчитать вычет в точке  $z \in D$ , чтобы убедиться в справедливости теоремы.

Итак, по соотношению  $f(iz) + f(-iz) - f(z^{-1}) - f(-z^{-1}) = g(z)$ ,  $z \in D$ , связывающему значения комплексного потенциала вблизи профиля, удалось найти его всюду вне  $\bar{D}$ . Здесь функция  $g(z)$  характеризует плотность заряда. Тогда

$$V(z) = \overline{\text{grad} \varphi(x, y)}, \quad \text{где} \quad \varphi(x, y) = \text{Re} \left( -\frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \theta_t g^+ [\alpha(t)] (t-z)^{-1} dt \right) = -\text{Im} \left( \frac{1}{2\pi} \int_{\partial D} \theta_t g^+ [\alpha(t)] (t-z)^{-1} dt \right) \quad \text{и}$$

$$V(z) = \overline{f'(z)}.$$

Рассмотрим более подробно частный случай, когда  $g(z) \equiv 1$ . В этом случае функция  $f(z)$  аналитична вне  $l_2$ , т.е. аналитически продолжима через мно-

$$f(z) = \frac{1}{\pi i} \int_{l_2} \frac{dt}{t-z} = \frac{1}{\pi i} \ln \left| \frac{z - \exp\left(\frac{\pi i}{4}\right)}{z - \exp\left(-\frac{\pi i}{4}\right)} \right|,$$

жество  $l_1 \cup l_3$  в  $D$ , и

где подразумевается ветвь

логарифма, аналитическая в плоскости с разрезом по  $l_2$  и исчезающая на бесконечности. Другими словами, вещественный потенциал здесь

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{\pi} \arg \left| \frac{z - \exp\left(\frac{\pi i}{4}\right)}{z - \exp\left(-\frac{\pi i}{4}\right)} \right|, \quad \ln \left| \frac{z - \exp\left(\frac{\pi i}{4}\right)}{z - \exp\left(-\frac{\pi i}{4}\right)} \right| = c,$$

а линии тока заданы уравнениями

то есть это окружности.

УДК 621.315

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

ДЕРБЕНЕВ А.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ГУБАЕВА О.Г.

В связи с многообразием ситуаций, возникающих при ОЗЗ (однофазных замыканиях на землю), целесообразно смоделировать процессы, происходящие в сетях 6-35 кВ.

Существует несколько моделей (теорий) возникновения и развития перенапряжений при дуговых ОЗЗ. Исследования, выполненные в действующих сетях 6-35 кВ, показали, что развитие процессов, приводящих к перенапряжениям при дуговых ОЗЗ, с разной вероятностью возможно по любой из указанных моделей. Однако, большие теоретические значения максимальных перенапряжений на нейтрали и на неповрежденных фазах дает модель Петерсена.

1. В предложенном алгоритме расчета учтены пункты раздела «Факторы, снижающие перенапряжения», которые получены в работе, а

именно то, что в кабельных сетях ток ОЗЗ в 90 % случаях протекает по оболочкам кабелей, а не по земле, что приводит к увеличению активного сопротивления цепи, и следовательно, к скорейшему затуханию переходного процесса.

2. Проанализировать достоверность полученных результатов позволила работа. При дуговых прерывистых ОЗЗ с гашениями заземляющей дуги в моменты перехода тока через нулевое значение, максимальные перенапряжения возникают, как правило, в месте пробоя изоляции. При этом перенапряжения на поврежденной фазе могут быть больше, чем перенапряжения на неповрежденных фазах.

3. Резонансное заземление нейтрали через ДГК практически исключает возможность возникновения перенапряжений выше 2,4-2,6 в неповрежденных фазах и 1-1,15 в поврежденной фазе (результаты расчета).

4. Расстройки компенсации в пределах  $\pm 10\%$  не оказывают существенного влияния на максимальные перенапряжения, прежде всего в месте повреждения кабельных линий (результаты расчета).

5. Высокоомное заземление нейтрали через резистор позволяет уменьшить кратности перенапряжений на поврежденной фазе до 1,5, на неповрежденных фазах до 2,4-2,6 (результаты расчета). Однако область применения высокоомного резистора ограничена значением емкостного тока замыкания на землю.

6. Результаты расчета для сетей с изолированной нейтралью получились заниженными, а для сетей с ДГК и  $Rn$  совпадают с теоретическими и натуральными испытаниями.

УДК 621.315

## **АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 КВ**

ДЕРБЕНЕВ С.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ГУБАЕВА О.Г.

Способ заземления нейтрали сети является достаточно важной характеристикой. Если во многих странах применяется один или два способа заземления нейтрали, то в России и в странах СНГ можно наблюдать все из существующих. При таком многообразии трудно остановиться на одном единственно правильном режиме заземления нейтрали и нормативная база не дает четких указаний по выбору.



Как следует из анализа, даже статическая компенсация токов ОЗЗ (нерегулируемые ДГК) позволяет снижать уровень перенапряжений. Причиной недостаточной эффективности явился большой диапазон изменения емкостных токов (0,5–5 А даже в течении дня).

Согласно исследованиям, в зависимости от значения емкостных токов ОЗЗ, возникающие в распределительной сети с кабелями БМИ (бумажно-масляная изоляция) замыкания фазы на землю вследствие «заплывания» канала электрического пробоя могут самоустраниться.

Анализ особенностей изоляционной среды кабельных линий из сшитого полиэтилена, специфических факторов ее старения и зависимости этого процесса от режима заземления нейтрали сети – позволил предложить в качестве наиболее рационального способа заземления резистивное.

Делая подобные выводы по проведенному анализу эксплуатации сетей 6-35 кВ хочется сослаться еще на один источник, который в целом подтверждает полученные обобщения.

1. В протяженных и труднодоступных для ремонта сетях, выполненных кабелями с бумажной пропитанной изоляцией, когда полноценное резервирование линий, питающих потребителей, затруднено целесообразно применение регулируемых дугогасящих реакторов в сочетании с надежно работающими автоматическими регуляторами их настройки.

2. В кабельных сетях, при наличии устройств АВР, а также в сетях, выполненных кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена, целесообразно применять заземление нейтрали сети 6(10) кВ через низкоомные резисторы с автоматическим отключением поврежденного фидера.

3. Целесообразность применения высокоомных резисторов, включаемых параллельно ДГР, требует дополнительных обоснований.

4. Следует провести дополнительное изучение процессов ОЗЗ в трехфазных и однофазных кабелях 10(6) кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена, поскольку от этого зависит выбор типа защит и способа заземления нейтрали в кабельных сетях 6-35 кВ.

УДК 621.314.21

## **ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА: ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ**

ДЖЕБРИЛ М.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, проф. ЛОПУХОВА Т.В.

На сегодняшний день существует множество литературы по диагностике силовых трансформаторов. Основной задачей диагностирования яв-

ляется своевременное обнаружение и поиск дефектов, то есть определение их наличия, характера и местонахождения.

Это производится путем соответствующих испытаний. Алгоритм диагностирования, определяющий объем, последовательность и взаимосвязь испытания объекта, устанавливается исходя из его диагностической модели. Согласно ГОСТ 20911-89, «термины и определения» диагностическая модель определяется как «формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования». Описание может быть представлено в аналитической, табличной, векторной, графической или другой форме. Модель строится на основании изучения конструкции оборудования данного типа и опыта его эксплуатации. Различают два типа диагностических моделей – информационная и функциональная, разработка той или иной диагностической модели должна строиться на принципах, которые в свою очередь обеспечивают ее объективность. Это принципы системности, соответствия, достоверности и последовательности диагностических процедур.

Структура предлагаемой нами модели строится на следующей последовательности: возможный дефект – признаки данного дефекта – методы выявления дефекта – методики дефектоскопии, содержащие алгоритм и средства диагностирования – прогнозирование состояния объекта.

УДК 621.313

## **МЕТОД ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

ДИЯРОВ Р.З., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САИТБАТАЛОВА Р.С.

Частичные разряды, ЧР (от англ. Partial Discharge) – электрические разряды, которые происходят в изоляции электрооборудования, обычно возникающие в электрических системах, работающих при напряжении от 3000 В и выше (хотя ЧР могут происходить при более низких напряжениях). Согласно международному стандарту IEC 60270 и ГОСТ 20074-83 частичным разрядом называется локальный электрический разряд, который шунтирует только часть изоляции в электроизоляционной системе.

Частичные разряды опасны тем, что приводят к постепенному разрушению изоляции и возникновению электрического пробоя. С другой стороны, измерение частичных разрядов позволяет сегодня энергетическим компаниям заблаговременно определять места будущих повреждений

в энергооборудовании, своевременно проводить ремонт и избегать серьёзных аварий в работе станционного и сетевого оборудования.

Информация о частичных разрядах (ЧР) появилась после создания высоковольтного оборудования, ориентировочно в 1930-х гг. На первых этапах не было необходимости устранения и изучения образовавшихся в изоляции ЧР, так как напряжения были относительно малы и сама изоляция имела достаточный запас прочности. Необходимость устранения (или снижения интенсивности) ЧР появилась с началом эксплуатации электрических машин и кабелей. Электрическая изоляция двигателей, генераторов и кабелей оказалась наиболее подвержена действию ЧР, это обусловлено двумя факторами: особенностью строения изоляции и воздействием на нее повышенных напряженностей электрического поля при уменьшении габаритных размеров оборудования.

ЧР обычно не приводят к быстрому пробую изоляционных промежутков, процесс развития ЧР довольно медленный и зависит от интенсивности частичного разряда. Практически в любом высоковольтном оборудовании в рабочих режимах существуют ЧР, однако их разрушающая способность может быть различна. В связи с этим при малой интенсивности ЧР электроизоляционные системы оборудования сохраняют свои функции в течение эксплуатационного ресурса. При большой интенсивности происходит разрушение изоляции в виду разрастания малых воздушных или масляных промежутков, которыми являются ЧР, впоследствии этот процесс приводит к пробую и выводу оборудования из работы до истечения срока эксплуатации.

УДК 621.311.24

## **УСТРАНЕНИЕ НЕДОСТАТКОВ УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА ГОЛОЛЁДООБРАЗОВАНИЙ НА ВЛ**

ДРОНКИН Р.Э., ГАЛОЧКИН Н.В., КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин  
Науч. рук. ст. преп. АХМЕДОВА О.О.; ст. преп. БАХТИАРОВ К.Н.

При эксплуатации воздушных линий электропередач возникает проблема обледенения проводов и других конструкций в зимний период. Высокая влажность, ветры, резкие перепады температуры воздуха способствуют образованию наледи на проводах воздушных линий. При этом вес обледеневших проводов возрастает в несколько раз, а толщина слоя льда достигает иногда до 100 мм. Наличие гололеда обуславливает дополнительные механические нагрузки на все элементы воздушных линий. При

значительных гололедных отложениях возможны обрывы проводов, тросов, разрушения арматуры, изоляторов и даже опор воздушных линий.

Нами был проведен краткий анализ различных способов и устройств мониторинга климатических нагрузок на провода и тросы воздушных линий электропередачи. В настоящее время известны несколько устройств частично или полностью решающих задачу обнаружения и распознавания видов отложений на проводах и тросах воздушных линий электропередачи.

Устройства мониторинга гололеда на данный момент основываются на анализе веса провода и веса гололедоотложений на нем. Все известные способы и устройства мониторинга гололедно-ветровых нагрузок на провода и грозотросы ВЛ, можно систематизировать по основным способам обнаружения отложений в которых используются датчики реагирующие на определенные параметры провода и окружающей среды. У этих датчиков есть свои недостатки, которые мы хотим устранить, используя один датчик вместо нескольких.

УДК 621.316

## **РАСЧЕТ ПОПРАВочНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ ВЫБОРА ВОЛЬТОДОБАВОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА НАПРЯЖЕНИЯ 10 КВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ SIMULINK**

ЕРМЕЕВ Р.И., ЛИХАЧЕВ А.С., ИСХАКОВ Р.И., НАБИУЛЛИН Т.И.,  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. АХМЕТШИН А.Р.

Отклонение уровня напряжения от нормативных значений происходит из-за большой протяженности линий электропередач в распределительных электрических сетях напряжением 10 кВ. Ежегодное увеличение потребителей электроэнергии ведет к тому, что ЛЭП, спроектированные по нормам электропотребления второй половины прошлого века, уже не обладают необходимой пропускной способностью. Отклонения напряжения за пределы допустимых значений приводят к нарушению работы и уменьшению срока службы электроприборов.

Для повышения уровня напряжения в распределительных электрических сетях напряжением 10 кВ применяются вольтодобавочные трансформаторы (ВДТ) типа ТВК. Принцип их работы заключается в введении в электрическую цепь продольной ЭДС, обеспечивающей

вольтодобавку (ВД). За счет подмагничивания осуществляется плавное регулирование ЭДС.

Выбор ВДТ состоит в определении его мощности, что определяется заданной нагрузкой и не составляет проблемы, и требуемого коэффициента трансформации. Последнее нуждается в определенном обосновании, поскольку нельзя формально принять: если необходимо поднять напряжение, например, на 10 %, то и достаточно ввести в электрическую цепь продольную ЭДС величиной 10 % от номинального напряжения. Это объясняется тем, что при повышении напряжения со стороны нагрузки увеличивается и потребляемая мощность. В результате возрастает ток в питающей линии электропередач, что вызывает увеличение падения напряжения в сравнении с режимом электрической сети при отсутствии ВДТ. Этот эффект необходимо учитывать при определении регулированных возможностей ВДТ для обеспечения требуемой ВД. В работе также произведена оценка о необходимости выбора устройств повышения напряжения с возможностью глубокой компенсации реактивной мощности.

УДК 621

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

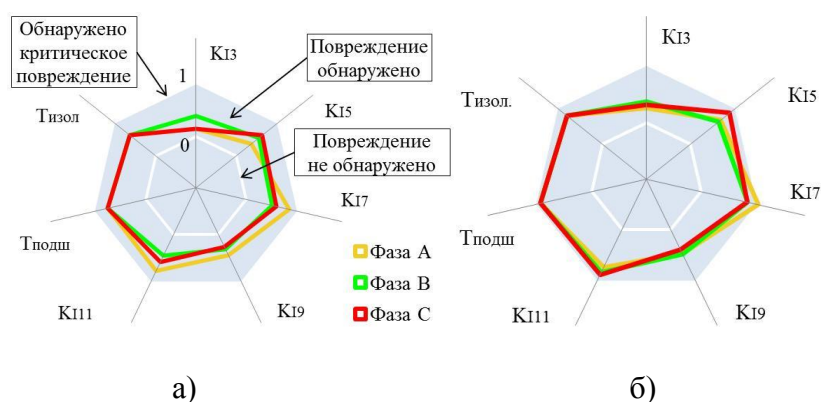
**ЗАЙНАКОВА И.Ф., ЮМАГУЗИН У.Ф., САМОРОДОВ А.В., УГНТУ (ф),  
г. Салават**

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БАШИРОВА Э.М.

На предприятиях нефтегазового производства отказ насосных агрегатов может привести к созданию аварийных ситуаций, сопровождающихся экономическим и экологическим ущербом, ввиду высокой опасности веществ, обращающихся в технологических циклах.

Экспериментальные исследования показали, что изменения режимов работы и технического состояния насосных агрегатов отражаются в изменении параметров спектра гармонических составляющих токов и напряжений, генерируемых двигателем электропривода, изменении температуры подшипников агрегата и обмотки статора двигателя. На рисунке представлены примеры лепестковых диаграмм, отражающих взаимосвязь технического состояния насосного агрегата со значениями диагностических параметров – коэффициентов 3, 5, 7, 9 и 11 гармонических составляющих токов  $K_{In}$ , температуры изоляции обмотки статора электродвигателя  $T_{изол}$ , температуры подшипников агрегата  $T_{подш}$  при различных повреждениях. Из-

ношенность подшипника насосного агрегата К80-50-200 соответствует состояниям «Неисправное» (поврежденность 87 %) (рис. а) и «Предельное» (поврежденность 100 %) (рис. б).



Диаграммы взаимосвязи технического состояния насосного агрегата К80-50-200 и значений диагностических параметров

УДК 628.041.728

## ПРОБЛЕМЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ЗАКИРОВ А.З. НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск  
 Науч. рук. канд. пед. наук, доц. БУЛАТОВА В.М.

Степень влияния гармоник на значения напряжения и тока является одним из основных показателей качества электрической энергии, поскольку это влияние в зависимости от структуры, состава и уровня сложности электроэнергетической системы может иметь весьма существенное значение.

К показателям, выражающим степень влияния гармоник на форму тока и напряжения относятся: коэффициент искажения синусоидальности  $K_i$  – отношение действующего значения высших гармонических к действующему значению основной (первой) гармоники и коэффициент амплитуды (крест-фактор) нагрузки  $K_a$  – отношение пикового значения потребляемого тока к его действующему значению.

Источниками гармоник в сети являются любые приборы и оборудование с нелинейными элементами, к которым также относятся многочисленные потребители электрической энергии.

Эффекты, вызываемые влиянием высших гармоник, могут быть разделены на эффекты мгновенного и длительного возникновения.

К первым относятся:

- искажение формы питающего напряжения;
- падение напряжения в распределительной сети;
- эффект гармоник, кратных трем (в трехфазных сетях);
- резонансные явления на частотах высших гармоник;
- наводки в телекоммуникационных и управляющих сетях;
- повышенный акустический шум в электромагнитном оборудовании;
- вибрация в электромашинах;
- ложное срабатывание устройств защиты.

Последние включают в себя:

- нагрев и дополнительные потери в трансформаторах и электрических машинах;
- нагрев конденсаторов;
- нагрев кабелей распределительной сети;
- старение изоляции электрооборудования и сокращение вследствие этого срока его службы;
- снижение эффективности процессов генерации, передачи, использования электроэнергии.

УДК 621.357.7

## **МЕТОДИКА РЕГЕНЕРАЦИИ ГИБРИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

ЗИГАНШИН А.Д., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

В решении основной задачи по обеспечению современного уровня качества энергоснабжения, при всех существующих факторах возмущения, имеет создание гибридных (комбинированных) источников электроэнергии, позволяющие решить ряд электроэнергетических задач (труды Российских ученых Р.Н. Бердникова, ОАО «ФСК ЕЭС», В.Е. Фортова, ОИВТ РАН и т.д.).

В данной работе предлагается эффективный способ восстановления энергетических характеристик аккумуляторных батарей (Акб), как составной частью гибридных источников, и технико-экономическое обоснование по разработке и созданию уникальных комбинированных источников с электронными системами управления в одном корпусе.

Для решения этой актуальной задачи современности необходимо, во-первых, использовать аккумуляторные батареи, как основной источник питания, причем емкость батареи может быть намного меньше номинальной,

и во-вторых, параллельно к ней, присоединить суперконденсатор расчетной емкости, назначение которого является «страховка» основного источника питания (как правило, батареи) на случай падения его напряжения.

Наши исследования показывают, что совмещение во времени процессов заряда и разряда одновременно, с применением определенных форм и режимов асимметричного тока позволяют ускорить готовность к работе гибридных источников.

Испытания разработанного источника асимметричного напряжения позволили выявить его многофункциональность, в части задания формы и электрических параметров асимметричного тока, по сокращению необходимой продолжительности подзарядки Акб за счет повышения и степени заряженности батарей большими зарядными токами.

УДК 621.357.7

## **ГИБРИДНЫЙ НАКОПИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЕНЭС НА БАЗЕ АККУМУЛЯТОРОВ И СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ**

ЗИГАНШИН А.Д., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

В настоящее время во всем мире и в России наблюдается растущий интерес к бурно развивающемуся в последние годы направлению преобразования электроэнергетических систем в так называемые интеллектуальные электроэнергетические системы (ИЭ).

Создание таких интеллектуальных электроэнергетических систем, которые трактуется во всем мире как реализация концепции инновационного развития электроэнергетики, кроме решения основной задачи обеспечения современного уровня качества энергоснабжения при всех существующих возмущающих воздействиях, позволит снизить потери энергии и существенно повысить безопасность и устойчивость национальной системы электроснабжения.

Технологическую платформу ИЭ составляют различные современные устройства и технологии на базе силовой электроники и в том числе системы накопления энергии.

В рамках настоящей работы впервые в России и Европе разработать разработан накопитель энергии для интеллектуальных электроэнергетических систем, которая является основой для производства номенклатурного ряда подобных устройств.



Базовой технологией накопителей энергии являются гибридные системы накопления энергии на базе долговременных накопительных систем – аккумуляторов и кратковременных накопительных систем – батарей суперконденсаторов, позволяющие повысить управляемость, надежность и экономичность функционирования ЕНЭС, в том числе при наличии в ее составе децентрализованных и нетрадиционных источников электроэнергии.

Гибридные накопители энергии предназначены для выполнения следующих функций:

– выравнивание графиков нагрузки в сети (накопление электрической энергии в периоды избыточной электроэнергии и выдача в сеть в периоды дефицита);

– демпфирование колебаний активной и реактивной мощности, снятие или существенное сокращение нерегулярных колебаний в межсистемных линиях электропередачи, повышение вследствие этого пропускной способности линий электропередачи.

УДК 621.7+004.94

## **МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ ОБЖИМА «КАБЕЛЬ-НАКОНЕЧНИК»**

ЗИМНЯКОВА М.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

Анализ пожаров при эксплуатации электрических кабелей на энергетических объектах и промышленных предприятиях показывает, что одной из главных причин возгорания являются большие переходные сопротивления в местах контактного соединения. Переходными называются сопротивления в местах перехода тока с одной контактной поверхности на другую через площадки действительного их соприкосновения. В таком контактном соединении за единицу времени выделяется некоторое количество теплоты, пропорциональное квадрату тока и сопротивлению участков действительного соприкосновения. Количество выделяемой теплоты может быть столь значительным, что места переходных сопротивлений сильно нагреваются.

Следовательно, если нагретые контакты будут соприкасаться с горючими материалами, возможно их воспламенение, а соприкосновение этих мест со взрывоопасными концентрациями горючих пылей, газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей явится причиной взрыва. Чтобы

увеличить площади действительного соприкосновения контактов, необходимо увеличить силы их сжатия. Если контактные плоскости прижать друг к другу с некоторой силой, то увеличатся размеры соприкасающихся основных площадок и появятся новые дополнительные площадки касания. Переходное сопротивление контакта снизится, уменьшится и нагрев контактного устройства.

Технологические возможности магнитно-импульсной обработки кабельных наконечников дает ряд преимуществ: возможность легкой автоматизации и механизации технологического процесса, большая технологическая гибкость процесса, отсутствие передаточной среды при формообразовании, возможность получения больших удельных давлений, высокая культура производства и простота обслуживания оборудования, улучшение характеристик обрабатываемого материала.

УДК 621.315.175

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОВОДА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

ЗОЛОТАРЕВ И.А., КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин  
Науч. рук. ст. преп. ТИТОВ Д.Е.

Система включает в себя головную и периферийную подсистемы. Головная подсистема состоит из принимающего модема и компьютера диспетчера с установленным программным обеспечением. Периферийная подсистема состоит из постов измерения и передачи (ПИиП). ПИиП планируется размещать на опорах и проводах ВЛ. Размещение системы на трассе линии предпочтительно в тех местах, где отсутствует ветер или вставка малого сечения.

Пост измерения и передачи состоит из двух гальванически не связанных частей с обеспечением отдельного питания: одна из них (модуль измерения температуры провода) крепится к проводу, вторая располагается на теле опоры. Модуль измерения температуры провода состоит из накладного датчика температуры, солнечной панели, аккумулятора, аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), передающего модема и размещается на проводе воздушной линии. В качестве модуля контроля температуры провода можно использовать стандартный модуль СТГН или УКТП-2 (модуль системы АИСКГН). АЦП необходим в случае, если датчик температуры имеет аналоговый выход. В закрытом шкафу на кронштейнах на опоре находятся аккумулятор, передающий

модем, принимающий модем и электронный блок с контроллерами и аналогово-цифровым преобразователем.

Для экспериментального исследования работы накладного датчика измерения температуры провода в условиях, максимально приближенных к реальным, на линии 10 кВ № 13 ПО КЭС «Волгоградэнерго» (г. Камышин), в районе 13 км трассы Камышин-Волгоград была установлена пилотная модель модуля измерения температуры провода.

### *Выводы*

1. Оценка возможности увеличения потока мощности в линии при подключении новых потребителей.
2. Недопущение перегрева провода нагрузочным током.
3. Контроль соблюдения габаритов линии.
4. Контроль параметров адаптивности плавки.

УДК 629.3

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ЩЕТОЧНОГО УЗЛА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

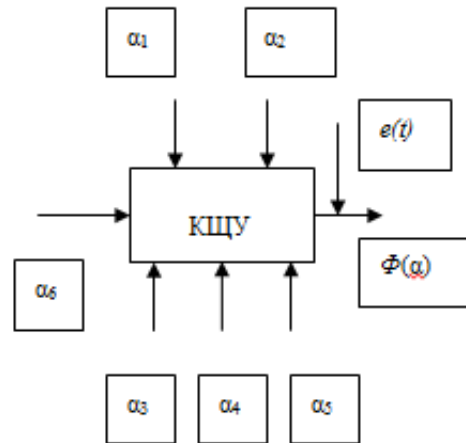
ЗУБКОВ Д.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СТЕПАНОВ Е.Л.

Согласно «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г.», одним из главных целевых ориентиров является приведение качества и безопасности перевозочного процесса всех видов транспорта, в том числе и железнодорожного, в соответствие с современными требованиями экономики. Решение указанной задачи невозможно без использования научно обоснованной системы диагностирования и ремонта электроподвижного состава (ЭПС), улучшения показателей надежности агрегатов и узлов эксплуатируемого парка ЭПС и перехода от системы ремонта ЭПС планово-предупредительный к системе ремонта по техническому состоянию.

На электрический тяговый двигатель ЭПС приходится до 20 % отказов всего электрооборудования ЭПС, из которых на долю коллекторно-щеточного узла приходится 18 %.

Для повышения среднего ресурса ТЭД, безотказности работы КЩУ, увеличения времени пробега до отказа износа щеток по минимальному размеру предложена математическая модель (рисунок).



Структурная схема математической модели коллекторно-щётчного узла

Задача построения статического математического описания объекта состоит в нахождении зависимости между каждой из выходных переменных объекта и остальными контролируруемыми переменными. Эту зависимость будем искать на основе данных пассивного эксперимента, представляющих результаты измерения значений переменных объекта в определенные моменты времени в режиме его нормальной эксплуатации.

УДК 621.31

## ВЛИЯНИЕ КВАЗИПОСТОЯННЫХ ТОКОВ НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ЗЮЗИН М.О., КУЗНЕЦОВА А.И., ТГУ, г. Тольятти  
 Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАХНИНА В.В.

Непосредственной причиной геомагнитных бурь (ГМБ) являются возмущённые потоки солнечного ветра на орбите Земли, содержащие необходимую для генерации геомагнитной бури ориентацию межпланетного магнитного поля.

ГМБ индуцирует поверхностные потенциалы Земли с различной амплитудой. Между заземленными точками нейтралей силовых трансформаторов (СТ) подстанций систем электроснабжения (СЭС) возникает электродвижущая сила (ЭДС). В протяженных высоковольтных воздушных линиях (ВЛ) электропередач, ЭДС может достигать нескольких киловольт и по электрическим сетям циркулирует квазипостоянный ток (КПТ).

Основное воздействие КПТ на системы электроснабжения заключается в следующем:

- насыщение магнитной системы силовых трансформаторов;

– вследствие насыщения магнитной системы силовых трансформаторов возрастают несинусоидальные намагничивающие токи, которые также циркулируют по СЭС;

– происходит дополнительный нагрев металлических элементов конструкции и токоведущих частей силовых трансформаторов, масла;

– силовой трансформатор становится генератором высших гармоник тока и напряжения;

– нарушается нормальная работа устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики и устройств регулирования нагрузки.

На кафедре «Электроснабжение и электротехника» разработана модель СЭС для расчета КПТ в пакете расширения Simulink системы MATLAB, в которой реализовано: привязка объектов СЭС к географическим координатам местности; расчет действующих значений КПТ в нейтральных и обмотках силовых трансформаторов; расчет мгновенных и действующих значений токов намагничивания силовых трансформаторов СЭС и т.д.

УДК 621.316

## **ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ МНОГОКРАТНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**ИВАНОВ Н.А., КАЗАНЦЕВ А.А. СамГТУ, г. Самара**

**Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВОРОНИН А.А.**

В связи с ежегодным ростом количества потребляемой электроэнергии в электроэнергетических сетях увеличивается переток электрической мощности. Негативной стороной такого процесса является рост при авариях уровня токов короткого замыкания, что крайне негативно сказывается на работе электрооборудования. Наиболее чувствительны к таким процессам распределительные сети напряжения 6-10 кВ, поскольку масштабы прироста мощности часто сравнимы с исходным ее значением.

Разрабатываемый жидкометаллический предохранитель, обладает токоограничивающим эффектом и рассчитан на напряжение до 10 кВ и ток термической стойкости до 40 кА. Устройство имеет цилиндрическую форму и состоит из набора керамических и медных пластин со сквозным каналом малого сечения внутри. Канал заполняется жидким металлом, а именно эвтектическим сплавом Ga (67 %)-In (20,5 %)-Sn (12,5 %). При возникновении в сети тока короткого замыкания жидкий металл в канале нагревается затем испаряется, в результате между контактами возникает электрическая дуга, за счет чего происходит токоограничивающий эффект.

После того как сработает, например, вакуумный выключатель, установленный после предохранителя, жидкий металл в предохранителе начнет охлаждаться и конденсироваться, вновь заполняя канал. После этого его можно считать опять готовым к срабатыванию, поэтому данный предохранитель является предохранителем многократного действия.

Данный предохранитель подразумевается, как дополнительное защитное устройство, служащее для уменьшения воздействия тока короткого замыкания на защищаемое электрооборудование.

Для подтверждения работоспособности данного устройства были собраны испытательные макеты на которых проводились эксперименты по определению температурных характеристик. По результатам экспериментов были получены зависимости номинальных параметров токоограничителя от размеров токопроводящего канала.

Последующие исследования будут связаны с определением коммутационной способности предохранителя.

УДК 621.311.4

## **ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

ИГНАТЬЕВА С.Б., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЁВА Е.И.

Рациональное использование электроэнергии означает, прежде всего, уменьшение потерь электроэнергии во всех звеньях системы электроснабжения и в самих электроприемниках. Все электроустановки, составляющие систему электроснабжения, в том числе электрические линии и трансформаторы, характеризуются активными сопротивлениями. Поэтому при передаче, распределении и преобразовании электрической энергии происходят ее потери.

Основными путями снижения потерь электроэнергии в промышленности являются:

1. Рациональное построение системы электроснабжения при ее реконструкции.
2. Снижение потерь электроэнергии в действующих системах электроснабжения.
3. Нормирование электропотребления, разработка научно обоснованных норм удельных расходов электроэнергии на единицу продукции.

Нормирование электропотребления предполагает наличие на предприятиях систем учета и контроля расхода электроэнергии.

4. Составление электробалансов, которые осуществляют с отдельных энергоемких агрегатов и установок, переходя затем к цехам и предприятию в целом.

5. Организационно-технические мероприятия, которые разрабатываются конкретно на каждом предприятии с учетом его специфики.

Важным мероприятием по экономии потерь в промышленности является компенсация реактивной мощности с помощью статических конденсаторов. Для обеспечения наивысшей экономической эффективности мощность конденсаторных батарей в сетях напряжением 0,38 кВ нужно выбирать такой, чтобы в часы максимума реактивной нагрузки коэффициент мощности у потребителей был не менее 0,95. При этом коэффициент реактивной мощности не должен превышать 0,33.

УДК 621.314.21

## **О ПРОБЛЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

КАЗАНЦЕВ А.А., СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГОЛЬДШТЕЙН В.Г.,

канд. техн. наук, доц. ИНАХОДОВА Л.М.

Использование в отечественных электрических сетях и системах электроснабжения устаревших конструкций трансформаторной техники, в частности, силовых трансформаторов, имеющих ферромагнитные элементы, в которых потери реактивной мощности превосходят активные, приводит к снижению энергоэффективности и энергосбережения в сети.

Потери электроэнергии и мощности можно существенно снизить применяя в конструкциях силовых трансформаторов инновационные решения в виде: использования эффекта сверхпроводимости низко и высокотемпературной для кардинального уменьшения потерь в обмотках силовых трансформаторов, это осуществляется заменой хладагента гелия на жидкий азот, и применением новых эффективных способов формирования основного магнитного потока силовых трансформаторов с помощью аморфных ферромагнитных материалов и перспективных бессердечниковых конструкций (также в сочетании с использованием низко- и высокотемпературной сверхпроводимости).

Были проведены статический анализ приведенных паспортных данных силовых трансформаторов 10 кВ, динамическая оценка с помощью компьютерных экспериментов и данных эксплуатации. А также смоделирована замена традиционных силовых трансформаторов на всех трансформаторных подстанциях с учетом реальных нагрузок на силовые распределительные трансформаторы с магнитопроводами из аморфных сплавов (АМТ), высокотемпературные сверхпроводниковые трансформаторы (ВТСП) и их комбинированную конструкцию (АВТСП).

После анализа проведенных экспериментов можно констатировать, что введение в эксплуатацию инновационных силовых трансформаторов является одним из наиболее перспективных путей снижения технических потерь энергосистем. Производственные способности отечественных производителей в изготовлении трансформаторов АМГ развиваются быстрым темпом, и способны обеспечить спрос на данный тип оборудования.

УДК 621.314.21

## **К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

КАЗАНЦЕВ А.А., МИХАЙЛОВА Т.В., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ИНАХОДОВА Л.М.

Использование в отечественных электрических сетях и системах электроснабжения устаревших конструкций трансформаторной техники, приводит к снижению энергоэффективности и энергосбережения в сети.

Повышение технико-экономической эффективности распределительных электрических сетей является следствием снижения суммарных потерь электрической мощности и энергии (ПЭМЭ).

Наиболее экономически целесообразным путем снижения ПЭМЭ является применение инновационного электрооборудования, таких как силовые трансформаторы (СТ) использующие эффект высокотемпературной сверхпроводимости, трансформаторы ЭССЭ с сердечниками из инновационных аморфных сплавов (АМТ) и др.

Проведено сравнение стоимости эксплуатации на примере трансформаторов 10/0,4 кВ ТМ-400/10 производства ГК Электроцит (г. Самара) и АТМГ-400/10 производства ГК Трансформер (г. Подольск). В данном случае разница цены потерь энергии в трансформаторах за 30 лет его эксплуатации в 4 раза превышает стоимость самого трансформатора АТМГ.

Из технических расчетов нагрузочных потерь видно, что их величина зависит от уровня загрузки трансформатора относительно номинальной.



Для определения экономического эффекта при работе трансформаторов с разными коэффициентами загрузки были выполнены расчеты по эффективности и окупаемости эксплуатации традиционных и инновационных конструкций по годам с учетом инфляции. Однако, графики показали, что отличия в экономической эффективности при разных коэффициентах загрузки трансформатора невелики. В сложившихся условиях очевидна необходимость осуществления мероприятий по исключению недостоверных данных о потерях мощности в паспортах трансформаторов и особенно в тендерной документации.

Был выполнен расчет чистого дисконтированного дохода NPV для трансформатора АТМГ-400/10 и произведен анализ экономических показателей эксплуатации разных типов СТ. Из результатов расчета делается конечный вывод относительно конкретной ситуации с заменой распределительных трансформаторов и учетом их окупаемости.

УДК 621.45.044

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ**

КАРИМОВА А.Г., СУФИЯНОВ А.М., УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЗАТУЛЛИН Ф.А.

В известных работах в области емкостных систем зажигания газотурбинных двигателей в качестве основного допущения при моделировании быстротекущих импульсных разрядных процессов принимается, что разрядный ток описывается выражением, справедливым при разряде конденсатора на линейную цепь R-L. Нелинейность свечей зажигания в дальнейшем учитывается, например, на основании аппроксимации реальных экспериментальных кривых падения напряжения в свечах приближенными аналитическими зависимостями. Однако при этом из поля зрения выпадают особенности разрядных процессов при изменении в широком диапазоне параметров разрядных цепей.

В докладе представлено решение задачи исследования динамических вольтамперных характеристик полупроводниковых свечей с целью из дальнейшей аппроксимации и учета при разработке методик проектирования емкостных систем зажигания. С помощью экспериментального стенда, имитирующего реальные зарядно-разрядные процессы в серийных емкостных системах зажигания, осциллографическим методом регистрировались кривые разрядного тока через свечу и падение напряжения в свече при

разных значениях параметров разрядной цепи: емкости накопительного конденсатора и индуктивности катушек, включенных последовательно с полупроводниковой свечей. По полученным осциллограммам строились вольтамперные характеристики свечей зажигания, содержащие прямые и обратные ветви, соответствующие процессам увеличения и уменьшения разрядного тока. Далее проводилось осреднение вольтамперных характеристик и их аппроксимация математическими зависимостями, и построение кривых падения напряжения в свече на основании изменения тока и аппроксимирующих выражений для вольтамперных характеристик свечей.

По результатам исследований сделан вывод о том, что без учета нелинейности свечи, закон изменения разрядного тока приводит к значительным погрешностям в ходе математического описания разрядных процессов.

УДК 543.544.25

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУРАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ**

КАРТАШОВА А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, проф. НОВИКОВ В.Ф.

Для продления срока службы маслonaполненного электрооборудования в обязательном порядке должна быть организована система диагностики технического состояния. Суть системы технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию заключается в индивидуальном подходе к каждой единице оборудования, проверке его состояния на основе общепринятых методов диагностики и выработке рекомендаций по дальнейшему использованию для каждого трансформатора в отдельности.

Согласно СТО 56947007-29.180.01.116-2012 «Инструкция по эксплуатации трансформаторов» в качестве стандартных методов измерения характеристик изоляции силовых трансформаторов являются: физико-химический анализ масла в баке трансформатора; измерение характеристик изоляции  $R_{60}$  и  $\text{tg}\delta$ ; измерение сопротивления по постоянному току обмоток в рабочем положении устройства РПН (работа под нагрузкой) и/или ПБВ (переключение без вооружения); измерение потерь холостого хода трансформатора при пониженном напряжении; хроматографический анализ растворенных газов в масле трансформаторов.

Комплексный подход к оценке состояния электрической изоляции маслonaполненных трансформаторов и автотрансформаторов опирается на

53 показателя. В соответствии с нормативными документами установлен 21 вид контрольно-испытательных мероприятий.

Наиболее широко применяемыми и информативными методами диагностики являются хроматографические (газовая и тонкослойная хроматография), которые отличаются высокой селективностью разделения, воспроизводимостью получаемых количественных результатов, точностью и надежностью. Однако, не смотря на то, что на основе данных методов существуют утвержденные методики по диагностике маслonaполненного электрооборудования, в настоящее время они морально устарели и требуют существенной доработки. В последнее время были приняты обновленные стандарты организации ОАО «ФСК ЕЭС» (СТО), однако и эти методики могут быть усовершенствованы с учетом развития отрасли инструментальных методов анализа и хроматографии в частности.

УДК 621.31

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

КАСИМОВА Н.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. ДОЛОМАНЮК Л.В.

Обеспечение надежности является одной из важнейших проблем при создании и эксплуатации любой технической системы. Особенно актуальна она для сложных систем, таких как системы электроснабжения, состоящих из большого числа элементов и имеющих обширные внутренние и внешние связи.

Задача обеспечения надежности систем электроснабжения включает в себя целый комплекс технических, экономических организационных мероприятий, направленных на сокращение ущерба от нарушения нормального режима работы потребителей электроэнергии, таких как:

- выбор критериев и количественных характеристик надежности;
- испытания на надежность и прогнозирование надежности действующего оборудования;
- выбор оптимальной структуры проектируемых систем электроснабжения по критерию надежности;
- обеспечение заданных технических и эксплуатационных характеристик работы потребителей;
- разработка наиболее рациональной, с точки зрения обеспечения надежности, программы эксплуатации системы (обоснование режимов

профилактических работ, норм запасных элементов и методов отыскания неисправностей).

Кроме того, в современных рыночных условиях надежность электрообеспечения неразрывно связана с экономическими показателями и энергетической безопасностью промышленных предприятий.

Поэтому создание новых систем электроснабжения требует применения таких методов анализа и расчета надежности, которые позволили бы объективно учесть опыт эксплуатации, данные экспериментов, рассчитать надежность, проанализировать варианты по обеспечению надежности, обосновать ее повышение, прогнозировать надежность и исключить возможность катастрофического исхода аварий для людей и окружающей среды.

УДК 621.311

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСМОТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ И РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

КАССЕМ С.А., БАБОРАИК А.М., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УСАЧЕВ А.Е.

Осмोटическая электростанция – стационарная энергетическая установка, основанная на принципе диффузии жидкостей. На данный момент электростанция имеет вид экспериментальной, но в случае успешного завершения испытаний, станция будет запущена для коммерческого использования. Преимущества: первая в отличие от ветра и солнца, предоставляется непрерывный возобновляемый источник энергии, с незначительными сезонными колебаниями; вторая отсутствует парниковый эффект.

Мировой резерв энергии осмоса огромен – ежегодный сброс пресных речных вод составляет более 3700 кубических километров. Если удастся использовать только 10 % этого объема, то можно вырабатывать более 1,5 ТВт/часов электрической энергии, то есть около 50 % европейского потребления. Но не только этот источник может помочь решить энергетическую проблему. При наличии высокоэффективных мембран можно использовать энергию глубин океана. Дело в том, что соленость воды зависит от температуры, а она на разных глубинах разная.

В докладе сообщается о возможности создания модели осмотической электроустановки и расчета электрических параметров с помощью программной среды ComSol.

УДК 620.1:621.1

## **АНАЛИЗ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

КИЯМОВ Р.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВЛАДИМИРОВ О.В.

Техническое обслуживание и ремонт по фактическому состоянию возможны при внедрении средств диагностики, позволяющих достоверно определять техническое состояние деталей, узлов, агрегатов. Этими качествами обладает виброакустическая диагностика.

Виброакустическая диагностика существовала уже довольно давно. Примером этому является, как мастера на слух определяли неисправность работающих машин и механизмов, и наличие дефектов на стеклянных изделиях, на осях железнодорожных составов.

Основные методы диагностики появились в 60-80-х гг., когда впервые появилась техника анализа вибрации, превышающая возможности слуха человека. Б.В. Павлов и М.Д. Генкин были одними из первых авторов («Акустическая диагностика механизмов», «Виброакустическая диагностика машин и механизмов»), которые разработали методические аспекты процедуры виброакустической диагностики.

Появление компьютерной техники и технологий, цифровых анализаторов спектра в начале 90-х гг. дало толчок активному развитию работ по созданию математического и программного обеспечения, заменяющего эксперта в задачах обработки результатов, получаемых при диагностировании. Это направление развивают сотрудники акционерного общества виброакустические системы и технологии (АО ВАСТ), много лет занимающиеся виброакустической диагностикой на кораблях Военно-морского флота России. АО ВАСТ разработало несколько эффективных методов диагностики по вибрациям зубчатых передач, подшипников качения для бумажно-целлюлозной промышленности, металлургии. Ими созданы диагностические приборы (портативный сборщик-анализатор СД-11), программное обеспечение к нему.

Очевидно, что необходимо использовать параметры колебаний, как диагностические параметры для определения технического состояния электрических машин, опорно-стержневых изоляторов, трансформаторов и другого электрооборудования.

УДК 621.316

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОБЩУЮ НАГРУЗКУ**

КОГАЛЛА В.К., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ХУЗЯШЕВ Р.Г.

В данной работе сравниваются режимы энергосистем состоящих из двух параллельных и одного источников электроэнергии. В каждой энергосистеме были рассчитаны внутренние сопротивления, номинальные токи источников электроэнергии, номинальное сопротивление нагрузки, коэффициент загрузки.

Был произведен расчет тех же параметров при изменении величины сопротивления нагрузки. При сравнении данных энергосистем с одним и двумя источниками электроэнергии было выявлено, что в системе с двумя параллельными источниками электроэнергии значения коэффициента загрузки и номинальных токов источников электроэнергии ниже, чем в системе с одним источником электроэнергии.

Это говорит о том, что при параллельной работе генераторов ток вырабатываемый одним из источников электроэнергии может втекать в другой, что будет приводить к потере мощности.

Для решения данной проблемы можно использовать полупроводниковые элементы, при условии, что источники электроэнергии вырабатывают постоянный ток.

УДК 621.311

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УСТРОЙСТВА НОВОЙ ЗАЩИТЫ КОМПЕНСИРОВАННЫХ СЕТЕЙ 6-35 КВ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ**

КОСТАРЕВ И.А., ПНИПУ, г. Пермь

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. САПУНКОВ М.Л.

В компенсированных сетях 6-35 кВ для селективного определения поврежденной линии при однофазном замыкании на землю (ОЗЗ) может быть применена новая защита, основанная на контроле пульсирующей мощности.

По результатам ранее проведенных теоретических исследований установлено, что такая защита будет характеризоваться высокой чувствительностью и селективной работой при устойчивых ОЗЗ. Однако необходимо было провести экспериментальные исследования работоспособности новой защиты от ОЗЗ в компенсированных сетях 6-35 кВ.

Для этих целей были разработаны опытный образец микропроцессорного устройства защиты, а также физическая модель компенсированной сети.

По результатам проведенных экспериментов были получены осциллограммы, характеризующие работу защиты при устойчивых и перемежающихся замыканиях. На основании полученных осциллограмм установлено, что устройство защиты от ОЗЗ будет успешно реагировать как на устойчивые, так и на перемежающиеся замыкания на землю, так как коэффициент чувствительности защиты составлял  $4 \div 75$ . Таким образом, подтверждены результаты теоретических выводов о высокой эффективности работы новой защиты.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-08-96063.

УДК 621.313.322

## **КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ УЗЛА НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

КОЧЕТКОВ В.В., ШИШКОВ А.Г., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КОТЕНЕВ В.И.

Существующие системы автоматического управления параметрами (напряжением, реактивной мощностью и т.д.) узла нагрузки, построенные на основе регулирования тока возбуждения синхронных двигателей, в отдельных случаях нерентабельны из-за больших потерь электрической энергии. Причем их работа в режиме перевозбуждения сопровождается повышенным нагревом, что негативно отражается на ресурсных характеристиках электродвигателей.

В альтернативном случае эта проблема решается с помощью ступенчатого переключения секций батарей конденсаторов, что сопровождается ухудшением качества регулирования.

Поэтому более рациональным является комплексное регулирование, когда более «грубое» регулирование осуществляется за счет ступенчатого

переключения секций батарей конденсаторов, а возникающая погрешность в регулировании устраняется за счет изменения тока возбуждения синхронных электродвигателей. Причем в этом случае можно использовать кратковременный режим работы электродвигателей, исключая их перегрев. Структура такой системы управления построена на базе математической модели синхронного электродвигателя и системы электроснабжения, которые, в отличие от альтернативных моделей, учитывают колебания напряжения в сети, что положительно отражается на качестве регулирования.

В состав комплексной системы автоматического управления входят два независимых канала регулирования: первый канал включает регулятор соответствующего параметра, тиристорный возбудитель, синхронный электродвигатель и датчик регулируемой величины; второй канал регулирования состоит из компаратора, переключающего устройства и секций батарей конденсаторов.

Лично автором разработана схема реализации и произведены необходимые исследования в программном комплексе MATLAB Simulink. Данная система управления разработана для лабораторного стенда кафедры «Электроснабжение» СамГТУ и при соответствующей доработке может быть рекомендована к промышленному внедрению.

УДК 621.316

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СТАНЦИЙ**

КРИЦКИЙ М.В., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВОРОНИН А.А.

Одной из наиболее актуальных задач в настоящее время является оптимизация режимов электроэнергетических систем и станций по активной и реактивной мощности, так как такая оптимизация позволяет уменьшить себестоимость электрической энергии. Существующие на сегодняшний день методы оптимизации необходимо дополнить с учетом требований, которые накладывает оптовый рынок электроэнергии мощности.

Для решения поставленной задачи предлагается произвести модернизацию программного обеспечения, используемого для расчетов режима электроэнергетической системы, совершенствование регламента прогнозирования краткосрочного планирования режима электроэнергетической системы, уточнить расчет плановых диспетчерских графиков работы элек-



трических станций и корректировку графиков подачи команд на разгрузку или загрузку электростанций или отдельных энергоблоков.

В целях совершенствования планирования режима работы станций предлагается осуществлять ежечасный расчет плана балансирующего рынка, существующая модель предлагает производить расчет раз в два часа. Разработана математическая модель противоаварийного управления для наиболее оптимального использования линий электропередачи и оборудования электрической сети в нормальных (доаварийных) режимах. Развитие противоаварийного управления в сетях 110-220 кВ позволяет работать сети данных классов напряжения с наибольшими перетоками в нормальных (доаварийных) режимах и предотвращать аварийные режимы после нормативных возмущений путем осуществления управляющих воздействий.

Осуществление этих мероприятий позволит существенно повысить эффективность расчетов режимов электроэнергетических систем и электрических станций.

УДК 621.316.1

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЯ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

КУБАРЬКОВ И.Д., СГТУ, г. Самара

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КУБАРЬКОВ Ю.П.

Современное состояние энергетики характеризуется постоянным ростом тарифов. Кроме этого функционирование энергетической отрасли сопровождается увеличением выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Очень часто не учитывается тот факт, что электроэнергия теряется в процессе производства, при передаче и в системе потребления (кабели, шины, трансформаторы, двигатели и т.д.).

Такие энергетические потери могут быть уменьшены, если оптимизировать поперечное сечение проводника (кабеля или шины). Оптимальное поперечное сечение проводника необходимо, чтобы максимизировать возврат инвестиций (ВИ), минимизировать капитальные затраты (КЗ) и уменьшить стоимость издержек в течение жизненного цикла работы оборудования (ЖЦО).

Общая стоимость жизненного цикла 1 метра кабеля будет

$$C_T = C_c \cdot F + 1 / F \cdot I_{\text{ном}}^2 \cdot 0,02054 \cdot T_{\text{тариф}} \quad (\text{руб} / \text{kWh}) /$$

Оптимальное поперечное сечение кабеля определяется точкой, где кривая этого уравнения проходит свой минимум.

Технические стандарты, предписывающие минимальное поперечное сечение кабелей, учитывают только безопасность и определенные параметры качества электрической энергии. Однако максимальное экономичное поперечное сечение не ограничено экономическими и экологическими характеристиками и может быть в несколько раз больше.

У большего кабельного поперечного сечения есть определенные технические преимущества, включая увеличение качества электрической энергии и гибкость связей. Это экономичное поперечное сечение следует из минимальной чистой стоимости кабеля (МЧС) в течение жизненного цикла.

Оптимальные поперечные сечения могут отличаться от стандартных.

Вычисление МЧС требует знаний номинального тока связи, а также граничных условий, таких как фактическая нагрузка, тариф на электроэнергию, процентная ставка и длительность жизненного цикла.

УДК 621.315

## **ВЫБОР ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ**

КУВАНДЫКОВ Ф.Р., ФЕДОСОВ Е.М., УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИСМАГИЛОВ Ф.Р.

Для диагностики кабелей с изоляцией из СПЭ следует применять неразрушающие методы испытаний и диагностики технического состояния изоляции. Наиболее оптимальным методом диагностики изоляции элементов электротехнических комплексов является метод диагностики по частичным разрядам (ЧР), позволяющий выявлять дефекты изоляции на начальной стадии возникновения, отслеживать их развитие под рабочим напряжением.

С целью обнаружения разрядов в изоляции кабелей целесообразно измерение параметров ЧР, определения их количественных характеристик, мест локализации и наблюдения динамики изменения ЧР во времени. Стандартами нормируются следующие параметры ЧР (кажущийся заряд  $q_{\text{ЧР}}$ ; частота следования  $n$ ; средний ток  $I_{\text{ЧР}}$ ; квадратичный параметр  $D$ ; мощность  $P_{\text{ЧР}}$ ; суммарный заряд  $Q$ ; напряжение возникновения ЧР  $U_{\text{ЧР}}$ .)

Использование данных параметров не может дать приемлемых результатов, так как при этом не различаются частые, маломощные ЧР от

редких, но мощных, кроме того, учитывая сложности достоверного определения значения кажущегося заряда ЧР. Исходя из этого можно сделать вывод о наличии проблемы точной оценки значений параметров  $q$ ,  $I$ ,  $D$ ,  $P$ ,  $Q$ .

Анализ недостатков нормируемых параметров ЧР позволяет сделать вывод о необходимости выбора ненормируемого параметра ЧР, непосредственно связанного с параметрами дефекта и возможностью его достоверного измерения.

УДК 004.896

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ САПР**

КУСМАРЦЕВ М.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. асс. САБИТОВ А.Х.

Продуктивность образовательного процесса зависит от использования необходимых для этого новых разработок. На данный момент существует большое количество систем автоматизированного проектирования (САПР), которые существенно облегчают расчет переходных и установившихся режимов, токов короткого замыкания и проектирования линий электропередачи.

В настоящее время на рынке предоставлен достаточно широкий выбор САПР, заметно отличающиеся по функциональным возможностям, которые позволяют в полном объеме производить автоматизированные расчеты по определенным режимам.

Для определения наиболее оптимально подходящего продукта необходимо произвести сравнительный анализ САПР.

Проведен информационно-аналитический обзор уже существующих аналогов для выбора наиболее подходящих САПР.

УДК 621.311.04

## **ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ЖКИ**

ЛАТЫПОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЗАРИПОВ Д.К.

В последнее время ведутся активные разработки в направлении создания систем контроля состояния высоковольтных изолирующих конст-

рукций. Одним из таких направлений является создание индикаторов этого состояния, устанавливаемых на изолирующую конструкцию или рядом. Индикатор позволяет определить состояние электроизоляционной конструкции визуальным методом. Работа прибора основана на индикации изменения распределения напряжения на изоляционной конструкции при возникновении дефекта. В случае какого-либо повреждения или неисправности индикатор загорается, что говорит о том, что изолятор подлежит ревизии.

В высоковольтной лаборатории КГЭУ была исследована работа индикатора состояния изолирующей конструкции, представляющего собой жидкокристаллический индикатор (ЖКИ). Важной особенностью ЖКИ является низкий ток потребления – 1-100 мкА. Кроме того, возбуждение жидкокристаллического слоя в индикаторах осуществляется переменным напряжением, что упрощает схемные решения. Целью работы было выявить практическую возможность обнаружения дефекта изоляции с помощью ЖКИ.

Полученные результаты показали возможность использования ЖКИ в качестве индикатора состояния изоляции и определили направление дальнейших работ по оптимизации конструкции устройства.

УДК 621.33

## **ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОВЫХ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА**

ЛЕ СУАН ХОНГ, НИУ «МЭИ», г. Москва  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ТУЛУПОВ В.Д.

Сегодня некоторыми специалистами активно пропагандируется тезис о безусловном преимуществе использования на электропоездах метрополитена (ЭПМ) только асинхронных тяговых машин (АТМ), якобы имеющих решающее превосходство над тяговыми машинами постоянного тока (ТМ ПТ). Такой поход не раз приводил к серьезным ошибкам.

Анализ известных данных теоретических исследований и результатов эксплуатации позволяет утверждать, что применение АТМ на ЭПМ окажется ещё одним примером ошибочности поверхностных оценок технико-экономической эффективности (ТЭЭ) составляемых систем тягового электропривода (ТЭП).

Основными показателями, определяющими ТЭЭ электропоездов метрополитена являются их стоимость и расход ими электроэнергии на выполнение одной и той же работы. Дополнительными показателями являются динамика ЭПМ, их надёжность и расходы на обслуживание в эксплуатации. Но для выбора рациональных систем ТЭП необходима объективная оценка их технико-экономических показателей.

Более подробно технико-экономические показатели новых систем тягового привода необходимо оценивать с учетом:

- достигаемого улучшения тягово-энергетических показателей, в частности – степени утилизации энергии торможения поезда;
- массо-габаритных показателей и материалоемкости, в частности степени использования дефицитных материалов;
- стоимости разработки и изготовления при серийном производстве;
- трудоемкости изготовления и обслуживания в эксплуатации;
- преемственности технологии изготовления и обслуживания в эксплуатации;
- сроков освоения серийного производства;
- степени пригодности для модернизации эксплуатируемых вагонов;
- степени влияния на работу системы электроснабжения и устройств управления движением поездов.

УДК 621.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОЛОГИЧНЫХ ПЕНЕТРАНТОВ ДЛЯ ЛЮМЕНЕСЦЕНТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ**

ЛЕОНТЬЕВ А.М., УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПАШАЛИ Д.Ю.

Проведение люминесцентной дефектоскопии (ЛД) деталей из металла, керамики, пластмассы повышает качество изделий. Известные пенетранты для ЛД, в том числе и те, для изготовления которых используются нефтепродукты, токсичны, огнеопасны, не экологичны и несут вред здоровью человека. Проведено исследование возможности применения биологических жидкостей для изготовления инновационных пенетрантов для ЛД. Известна проблема угрожающего увеличения популяция различных видов медуз в мировом океане. При этом медузы вида «*Aequorea victoria*», обладают белком («green fluorescent protein», GFP), способные флуоресцировать в зелёном диапазоне при освещении его синим светом. Ген белка широко используется в качестве светящейся метки в клеточной и молеку-

лярной биологии для изучения экспрессии клеточных белков. Революция «GFP» заключается в том, что белок не нуждается в каких-либо добавках для свечения. Авторами предложено использование «GFP» в качестве инновационного экологичного пенетранта для ЛД, что позволит решить ряд важнейших проблем, связанных с уменьшением популяции медуз: повысит безопасность людей; повысит надежность эксплуатации электростанций и судов, число повреждений которых возрастает из-за попадания медуз в охлаждаительные системы и т.д. и одновременно позволит снизить затраты на производство пенетрантов и повысить экологичность люминесцентной дефектоскопии.

УДК 621.31

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ СИЛОВЫМИ АГРЕГАТАМИ

ЛОДДЭ А.К., (ф) НИУ «МЭИ», г. Смоленск  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СОЛОПОВ Р.В.

Одним из основных требований, предъявляемых к энергетической системе (ЭЭС), является экономичность ее режима работы, отвечающего минимальным затратам на единицу выработанной электроэнергии. В связи с этим возникает оптимизационная задача экономического распределения активной мощности между отдельными агрегатами электростанции и между электростанциями в ЭЭС. Она решается при помощи энергетических характеристик.

Распределение мощности без учета потерь:

1. Распределение активной мощности.

Целевая функция (ЦФ): 
$$\Phi = B_1(P_{T1}) + B_2(P_{T2}) + \dots + B_n(P_{Tn}) + \lambda \left( \sum_{i=1}^n P_{Ti} - P_n \right)$$

2. Комплексное распределение мощностей.

ЦФ: 
$$\Phi = B_1(P_{T1}) + B_2(P_{T2}) + \dots + B_n(P_{Tn}) + \lambda_1 \left( \sum_{i=1}^n P_{Ti} - P_n \right) + \lambda_2 \left( Q_n - \sum_{i=1}^n Q_i \right)$$

Распределение мощности с учетом потерь в сети:

1. Распределение активной мощности.

ЦФ: 
$$\Phi = B_1(P_{T1}) + B_2(P_{T2}) + \dots + B_n(P_{Tn}) + \lambda \left( \sum_{i=1}^n P_{Ti} - P_n - \pi \right)$$

2. Распределение реактивной мощности. ЦФ: 
$$\Phi = \pi + \lambda \left( Q_n + q - \sum_{i=1}^n Q_i \right)$$

3. Комплексное распределение мощностей.

ЦФ: 
$$\Phi = B_1(P_{T1}) + B_2(P_{T2}) + \dots + B_n(P_{Tn}) + \lambda_1 \left( \sum_{i=1}^n P_{Ti} - P_n - \pi \right) + \lambda_2 \left( Q_n + q - \sum_{i=1}^n Q_i \right)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  – количество электростанций;  $B_i(P_{Ti})$  – расходные характеристики;  $P_T$  – мощность, выдаваемая турбиной;  $P_n$  – активная нагрузка;  $Q_n$  – реактивная нагрузка;  $Q_i$  – источники реактивной мощности;

$p$  – сумма активных потерь;  $q$  – сумма реактивных потерь;  $\lambda$  – неопределенный множитель Лагранжа.

В работе на конкретном примере показана эффективность комплексной оптимизации распределения нагрузки между работающими агрегатами по сравнению с отдельной оптимизацией по активной и реактивной мощности. Для простейшего варианта была написана программа и произведены расчеты, которые позволили выявить области и условия применения моделей оптимизации, что ранее не обсуждалось в литературе по данной тематике. При комплексной оптимизации любые изменения потоков мощности влияют на узловое напряжения, а значит, изменение потоков активных мощностей влияет на потоки реактивных и наоборот.

УДК 621.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ОБОСНОВАНИЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ**

МАЗИТОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЧУРАЕВ Р.Р.

Эксперты полагают, что новый тип силовых распределительных трансформаторов – с сердечником из аморфных сплавов – позволит существенно сократить потери холостого хода. Такие энергоэффективные трансформаторы уже используются за рубежом, а сейчас этот продукт выходит на рынок и в нашей стране, причем речь идет об отечественных разработках.

По общему мнению, замена традиционных распределительных трансформаторов на трансформаторы с магнитопроводом из аморфных сплавов (АС) приведет к существенной экономии.

Низкие потери холостого хода ( $P_{xx}$ ) в «аморфных» трансформаторах обеспечиваются за счет особых свойств этих сплавов. Аморфные сплавы отличаются беспорядочной, некристаллической структурой. Их удается получить при очень быстром охлаждении расплавов металлов. В этом случае атомы не успевают образовать кристаллическую решетку, и вынуждены оставаться на месте, формируя аморфное (стеклообразное) состояние. Магнитопроводы из аморфных сплавов имеют значительно меньшие удельные магнитные потери по сравнению с аналогами из электротехнической стали, обладают высокой магнитной проницаемостью и индукцией насыщения на высоких частотах.

Параметр	100 кВА		250 кВА		400 кВА		630 кВА	
	АС В=1,3 Тл	ЭС	АС В=1,285Тл	ЭС	АС В=1,35Тл	ЭС	АС В=1,31Тл	ЭС
<b>Потери, Вт</b>								
Холостого хода	64	300	128	580	161	830	238	1200
Короткого замыкания	1617	1700	3129	3100	4457	4400	6353	6200
Напряжение короткого замыкания, %	4,42	4,5	4,37	4,5	4,5	4,5	6,06	6,0
Ток холостого хода, %	0,2	2,5	0,093	1,9	0,078	1,6	0,074	1,3

УДК 620.9

## **ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ**

МАКАРОВ Я.В., ГОЛУБЕВА К.А., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КУБАРЬКОВ Ю.П.

Развитие электроэнергетики в XXI веке имеет тенденцию к отказу от централизации электроснабжения. Все большее распространение получает распределенная генерация, которая характеризуется расположением источников электроэнергии в непосредственной близости от конечного потребителя.

Реализация концепции распределения источников электроэнергии позволит значительно отсрочить сооружение новых линий электропередач или замедлить развитие сетевой инфраструктуры за счет разгрузки уже существующих сетей, а также повысить надежность электроснабжения ближайших потребителей и улучшить уровни напряжения на их шинах.

Для определения возможностей применения источников распределенной генерации в распределительных сетях была рассмотрена схема радиального электроснабжения потребителей на напряжении 35 кВ. Расчеты, выполненные для нормального режима, показали, что напряжение на шинах некоторых потребителей близко к предельно допустимым значениям (допустимые отклонения напряжения для сети 35 кВ составляют  $\pm 1,75$  кВ, а предельно допустимые – соответственно  $\pm 3,5$  кВ).

Для оптимизации уровней напряжения, были рассмотрены несколько вариантов подключения источников распределенной генерации: в голове фидера, в центрах сосредоточения нагрузок и непосредственно на шинах



потребителей. При этом для каждого варианта производился соответствующий расчет.

Из анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) подключение источников распределенной генерации позволяет повысить уровень напряжения на собственных шинах и на шинах ближайших потребителей;

2) наиболее эффективна установка источников распределенной генерации в непосредственной близости от потребителя, а не в центрах нагрузок или в начале фидеров.

УДК 620.9

## **ВНЕДРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

МАКАРОВ Я.В., ГОЛУБЕВА К.А., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КУБАРЬКОВ Ю.П.

За рубежом в последний период в ряде стран разрабатываются проекты перехода к «умным сетям» (Smart Grid).

Декларируемым преимуществом Smart Grid является возможность повсеместного подключения небольших генерирующих источников электроэнергии (включая возобновляемые источники электроэнергии), а также способность адаптироваться к динамике потребления и обеспечение экономии электроэнергии со снижением выброса парниковых газов.

Таким образом, интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС), как интегрирующая часть, позволит обеспечить в реальном времени адаптивную реакцию на различные виды возмущений и отклонений от заданных параметров в нормальных и аварийных режимах, как в самой сети, так и на объектах, подключенных к сети (генераторах и потребителях).

Существенным положительным эффектом при этом является разгрузка линий электропередач различного уровня (магистральных и радиальных) и повышение уровня напряжения на шинах потребителей.

На первом этапе была рассмотрена возможность управления режимом работы электрической сети с помощью дополнительной установки распределенных источников электроэнергии. Проводилось моделирование радиальной электрической сети напряжением 6-10 кВ, в определенной точке которой предполагалась установка дополнительного источника.

Проведенные расчёты и сравнительный анализ, позволяют говорить о том, что реализация концепции развития интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью и внедрение источников распределенной генерации обеспечат следующие аспекты эффективности:

1. Активно-адаптивное регулирование режимов работы сетей, что позволит снизить уровень потерь.
2. Повышение пропускной способности линий электропередач.
3. Увеличение надежности электроснабжения потребителей.

УДК 621.311.001.57

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЧЕТЫРЕХФАЗНОЙ ШЕСТИПРОВОДНОЙ ЛЭП В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

МАЛЕЕВА Е.И., СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БУРЯНИНА Н.С.

Вопрос повышения качества электроэнергии становится приоритетной задачей не только для электроснабжающих организаций, но и ученых, ведущих исследования в этой области. Уменьшение потерь мощности, повышение надежности электроснабжения ставятся во главу задач, определяемых федеральным законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» (от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ). Особенно остро проблема стоит на севере: большая протяженность линий, изолированность энергосистемы негативно сказываются на качестве электроэнергии.

Решением этих проблем может служить «Четырехфазная схема электропередачи с трехфазными трансформаторами», впервые упомянутая в 1952 г.. Область применения четырехфазной линии – сети с изолированной нейтралью (6-35 кВ).

Четырехфазная линия электропередачи получается преобразованием из двух трехфазных. Две независимые трехфазные системы имеют одинаковые по модулю ЭДС и одинаковые сопротивления нагрузки. ЭДС одной системы противоположны по направлению ЭДС второй системы. Соответственно, противоположны токи, которые не изменятся, если заземлить в каждой системе точку между ЭДС фазы А и нагрузкой. Нетрудно заметить, что токи не изменятся, если в ветвь, соединяющую ЭДС фазы А и нагрузки фазы А, включить любое сопротивление, в том числе и равное бесконечности, то есть можно исключить эту ветвь.

Одинаково загрузить фазы линии можно, если между линией и нагрузкой включить трансформаторы с противоположными группами соединения обмоток, например, 5 и 11, или любые другие полярные группы. Это никак не скажется на характеристиках системы.

Предложенная шестипроводная ЛЭП может решить проблему изолированных систем электроснабжения отдаленных районов республики. Повысится надежность и качество передачи электроэнергии.

УДК 621.313

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ ANSYS FLUENT, ANSYS ICERAK ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЭНЕРГИИ**

МЕДНОВ А.А., МИНИЯРОВ А.Х., УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВАВИЛОВ В.Е.

Перегревы активных и конструктивных элементов электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ) оказывают значительное влияние на срок службы, а также на рабочие характеристики ЭМПЭ (изменение активного сопротивления, снижение энергетических характеристик постоянных магнитов, при их применении, тепловые расширения конструктивных узлов). Поэтому при проектировании ЭМПЭ важно с максимальной точностью определять температуру ее узлов, и на основе этого производить оптимизацию ее системы охлаждения. Большие перспективы, при этом, имеет применение специализированных программных продуктов, таких как Ansys Fluent, Ansys Icerak и т.д. При этом каждый из этих пакетов обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому целью данной работы является сравнительный анализ различных программных пакетов предназначенных для тепловых расчетов ЭМПЭ.

Для выполнения поставленной цели авторами произведены расчёты распределения тепла в активных элементах ЭМПЭ пакетов Fluent и Icerak, при этом сам ЭМПЭ был спроектирован в программном комплексе Maxwell.

В результате решения поставленной задачи было установлено, что модель поля, полученная после преобразования в пакете Icerak, обладает меньшей погрешностью в температурных данных, имеет отчётливо выраженные области перегрева.

Таким образом, сравнение полученных моделей с использованием пакета Iserak и без него показало повышение качества картины поля, а также снижение неточности количественных данных за счёт применения более плотной сеточной модели вышеупомянутого редактора.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при проектировании электромеханических преобразователей энергии.

УДК 621.316

## **ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

МИНАЧЕТДИНОВА А.Ф., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

Эффективность и надежность функционирования электротехнического оборудования электростанций, подстанций, промышленных предприятий, электрических сетей и систем (в дальнейшем объектов энергетики) зависит от его технического состояния. Современное электротехническое оборудование имеет достаточно высокие расчетные показатели надежности. Однако в процессе эксплуатации под воздействием различных факторов, условий и режимов работы исходное состояние оборудования непрерывно ухудшается, снижается эксплуатационная надежность и увеличивается опасность возникновения отказов. Надежность электрооборудования зависит не только от качества изготовления, но и от научно обоснованной эксплуатации, правильного технического обслуживания и своевременного ремонта. В основе процесса эксплуатации электрооборудования лежат последовательные во времени смены состояний работы, резерва, ремонта, технического обслуживания, хранения и т.п.

Масштабные структурные преобразования, осуществляемые в энергетике России, происходят в условиях, когда износ оборудования в среднем по отрасли достиг величины 57,3 %. Темпы нарастания изношенного электрооборудования составляют 2-6 % в год от общего количества.

К настоящему времени разработана целая гамма информационных систем, методов и средств контроля технического состояния и диагностики электрооборудования. Их широкое внедрение создает условия для реализации новой технологии эксплуатации электрооборудования с учетом технического состояния. Поэтому возникает актуальная научная проблема обеспечения эксплуатационной надежности электрооборудования объек-

тов энергетики на основе разработки новой технологии управления техническим состоянием. Основным принципом новой технологии управления техническим состоянием электрооборудования является стратегия технического обслуживания и ремонта, основанная на индивидуальном наблюдении за реальными изменениями фактического технического состояния электрооборудования в процессе эксплуатации.

УДК 621.313

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

МИНИЯРОВ А.Х., МЕДНОВ А.А., УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук ВАВИЛОВ В.Е.

В настоящее время при проектировании электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ) и к проектированию высокоскоростных электромеханических преобразователей энергии с высококоэрцитивными постоянными магнитами (ВПМ) сложилась определенная последовательность расчетов. Основу данной последовательности составляют электромагнитные расчеты, по результатам которых, определяют размеры активных элементов ЭМПЭ. После чего проводятся механические и тепловые расчеты после чего полученные размеры корректируются по результатам данных расчетов.

Из-за высоких скоростей вращения ротора ЭМПЭ с ВПМ и значительной зависимости энергетических характеристик ВПМ от их установившейся температуры, например NdFeB, применение описанного выше подхода может являться причиной значительной погрешности проектного расчета.

Поэтому для проектирования ЭМПЭ с ВПМ необходима иная последовательность расчетов. В частности, авторами предлагается синтез теплового, механического и электромагнитного расчета ЭМПЭ. В данном случае тепловые, механические и электромагнитные расчеты ведутся параллельно и в результате получается ЭМПЭ спроектированная на максимальную мощность с учетом всех эксплуатационных требований.

Именно для автоматизации этого метода авторами разработана программа «Автоматического оптимального проектирование высокоскоростных электрических машин с высококоэрцитивными магнитами», на языке Free pascal. Программа состоит из диалогового окна, в которое вводятся начальные данные: геометрические размеры, число полюсов, скорость

вращения, максимальная линейная скорость. Основной расчет программы производится по формуле.

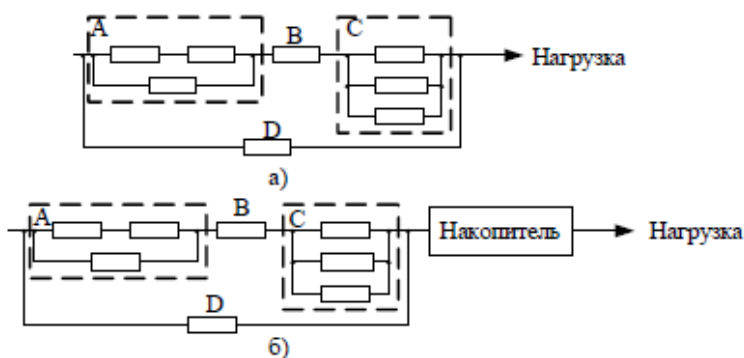
Программа предназначена для повышения быстродействия и точности. Полученные результаты могут быть использованы на практике при разработке бесконтактных высокоскоростных магнитоэлектрических генераторов.

УДК 621.3

## ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СИСТЕМЕ ВРЕМЕННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

МИННУЛЛИН М.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЧУРАЕВ Р.Р.

Существующие методы обеспечения безотказности систем электроснабжения предусматривают введение избыточных мощностей, что ведет к росту объемов энергопотребления и эксплуатационных расходов. В статье описывается взаимодействие элементов электрической системы в условиях временной избыточности на основе теории случайных импульсных потоков. Приведён пример расчета изменения параметров схемы электроснабжения с установкой в ней электрического накопителя.



Структурная схема расчетной системы электроснабжения:

а) до введения избыточности; б) с накопителем

Проанализировано соответствие расчетных и теоретических параметров; дана оценка соответствия полученных результатов технологически необходимым.

В итоге было выявлено, что для выбранной в качестве примера сети, введение временной избыточности позволяет снизить вероятность отказа системы более чем на 25 %, реальное время питания системы от накопителя отличается от теоретически необходимого значения, а также для достижения необходимого уровня безотказности системы введением временного резервирования возможно варьировать как параметры самой системы, так и время разряда накопителя.

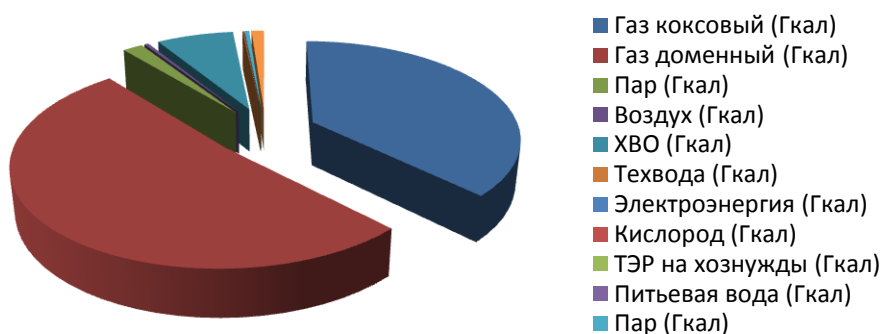
УДК 621.965

## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

МИСУЛИН Д.А., МГТУ, г. Магнитогорск  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГАЗИЗОВА О.В.

Для энергоемкого оборудования важным является удельный показатель потребления энергии, определяемый как расход, отнесенный к производительности. На коксохимическом производстве ОАО «ММК» есть достаточные резервы для более эффективной экономии энергии.

Соотношение потребления энергии по основным энергоносителям к общему энергопотреблению в коксовом цехе, за январь 2013 г. представлено на рисунке.



Соотношение потребления энергии основных энергоносителей к общему потреблению энергии в коксовом цехе, за январь 2013 г.

На основании произведенных расчетов, как видно из диаграммы, наибольшую долю в энергетическом балансе занимают доменный газ (52 %) и коксовый газ (37 %). В коксовом цехе они применяются для отопления печей. Основными причинами перерасхода энергии являются: нарушение технологического процесса и режимов энергопотребления; нару-

шение графика ремонта и увеличение аварийности оборудования; недостаточная реализация энергосберегающих мероприятий; неудовлетворительный контроль за расходом энергоресурсов (в том числе из-за недостаточного внедрения систем автоматического управления (САУ)).

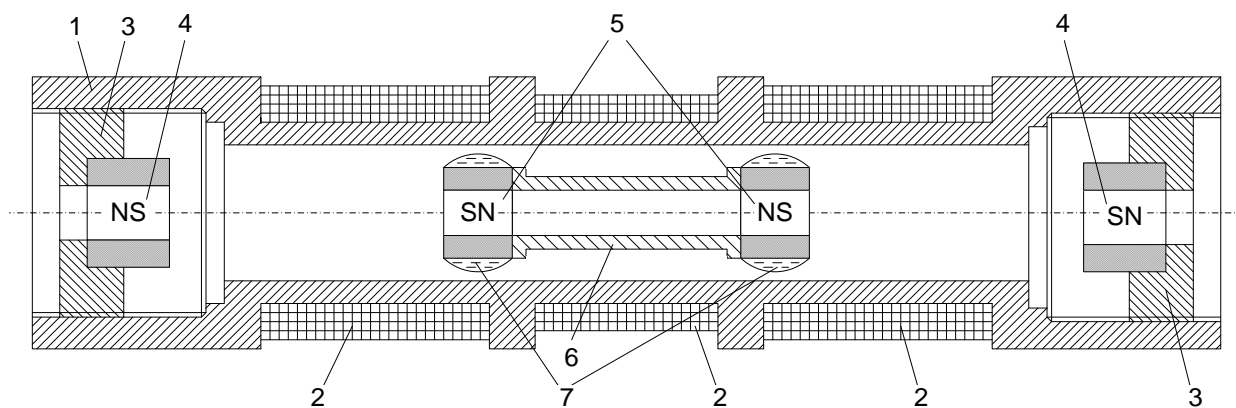
Основным мероприятием, способствующим экономии энергии в коксохимическом производстве, является реконструкция и замена устаревших коксовых батарей на новые. В настоящее время не более 10 % коксовых батарей соответствует современному уровню. Снижению расхода энергии будет способствовать также внедрение процесса термической обработки шихты; обеспечение оптимального соотношения «газ – воздух» в отопительной системе коксовых печей. При внедрении энергосберегающих мероприятий в основных производствах коксохимического производства снизится себестоимость производимой продукции.

УДК 621.317.334

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ УГЛА НАКЛОНА

МОРОЗОВА Д.Ю., ИГЭУ, г. Иваново  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САЙКИН М.С.

Основным элементом системы диагностики сложной технологической системы является датчик. Современный этап развития измерительной техники подразумевает использование новых материалов и принципов построения устройства. Магнитожидкостный датчик угла наклона (МЖДУН), представленный на рис., полностью соответствует этим критериям.



Магнитожидкостный датчик угла наклона с чувствительным элементом на постоянных магнитах



МЖДУН состоит из корпуса – 1, на наружной поверхности которого расположены первичная и вторичная обмотки – 2. В немагнитных втулках – 3, расположены центрирующие магниты – 4. Чувствительный элемент (ЧЭ) МЖДУН, состоящий из постоянных магнитов – 5 и магнитопроводной втулки 6 «подвешен» в магнитной жидкости – 7. При изменении угла наклона ЧЭ перемещается вдоль корпуса датчика, подавая сигнал на дифференциально-трансформаторную схему – 2. При этом точность и быстродействие датчика зависят от параметров МЖ (вязкость, намагничённость) и характеристик магнитов.

Для оценки качества работы датчика была разработана математическая модель, с помощью которой определялась сила подвеса ЧЭ в МЖ. В процессе численных исследований проводилось сравнение этой силы с силой тяжести, действующей на ЧЭ при его различном конструктивном исполнении.

Кроме этого, проведены расчёты по определению силы подвеса ЧЭ для «закритических» магнитов с величиной коэрцитивной силы 540 – 900 кА/м и остаточной индукции от 0,77 до 1,1 Тл. Выбрана наиболее рациональная конструкция МЖДУН и даны рекомендации по выбору постоянных магнитов для использования в системах автоматического управления объектов энергетики.

УДК 621.317

## **МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПО МГНОВЕННЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА, СВЯЗАННЫМ С ПЕРЕХОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЯ ЧЕРЕЗ НОЛЬ**

МУРАТОВА В.В., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МЕЛЕНТЬЕВ В.С.

При реализации известных методов измерения параметров гармонических сигналов (ПГС), с пространственным разделением мгновенных значений сигналов возникает погрешность по модулю фазосдвигающих блоков, осуществляющих формирование дополнительных сигналов.

В докладе рассматривается метод, который исключает данный вид погрешности, поскольку для определения ПГС используются только мгновенные значения входных сигналов. Метод основан на формировании дополнительного сигнала напряжения, сдвинутого относительно входного на  $90^\circ$ . ПГС определяют по измеренным мгновенным значениям.

Приводятся результаты оценки влияния квантования на погрешность измерения ПГС. Представлены аналитические выражения для относительных погрешностей измерения среднеквадратических значений сигналов и приведенных погрешностей определения активной и реактивной мощности.

Предлагаются графики зависимостей погрешностей, с помощью которых можно выбирать оптимальные значения разрядности аналого-цифровых преобразователей и определять возможные значения угла сдвига фаз между напряжением и током, в зависимости от требований по точности измерения.

УДК 121.31

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ**

НАЗМУТДИНОВ И.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

Наиболее частыми причинами кратковременного нарушения электроснабжения являются короткие замыкания в системах внешнего и внутреннего электроснабжения. Во время коротких замыканий в одной линии, падает напряжение в других параллельных линиях, питающиеся из одной и той же системаобразующей подстанции. Для избегания подобных явлениям энергетики практикуют использование в сетях токоограничивающие реакторы. Но, токоограничивающие реакторы для высоковольтных сетей являются не дешевым оборудованием. Поэтому в мире с рыночной экономикой целесообразно было бы считать эффективность их использования не только с точки зрения энергетиков, но и с точки зрения экономистов.

В программном пакете MatLab+Simulink были проведены ряд исследований, результатом чего была разработана методика по выбору реакторов с оптимальными параметрами.

По данной методике рассмотрено влияние токоограничивающих линейных реакторов, а так же влияние отдаленности линии электропередач при трехфазном коротком замыкании на разных линиях, на падение напряжения на шинах за трансформатором (у потребителя нагрузки) на параллельной линии, при различных сопротивлениях системы.

По этой методике наглядно можно увидеть, что в зависимости от конкретной ситуации, то есть в зависимости от объема затрат, ущерб, дли-

ны линии, характера нагрузки, внутреннего сопротивления системы получаемые графики будут характерными и правдивыми только для той конкретной сети. То есть эти зависимости между собой не линейны.

Таким образом, ограничения токов короткого замыкания в промышленных сетях на сегодняшний день остается актуальным вопросом. Особенно перспективным для решения этого вопроса на сегодняшний день являются высокотемпературные сверхпроводниковые токоограничивающие реакторы. Видя перспективу развития использования таких реакторов в электрических сетях промышленных предприятия, была выведена данная методика по их выбору с оптимальными сопротивлениями, где наглядно рассматриваются все этапы развития технико-экономических показателей.

УДК 121.31

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
В СРЕДЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MATLAB+SIMULINK  
ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

НАЗМУТДИНОВ И.М., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

На сегодняшний день в электрических сетях промышленных предприятия, особенно в нефтехимической отрасли промышленности, стоит вопрос ограничения токов короткого замыкания для того, чтобы провалы напряжения, вызванные токами короткого замыкания, оставались в допустимых пределах. Ведь, один аварийный технологический перерыв на время меньше чем один период частоты 50 Гц, во многих предприятиях оцениваются несколькими десятками миллионами.

Для избегания провала напряжения энергетики практикуют использование в сетях токоограничивающие реакторы. Но, токоограничивающие реакторы для высоковольтных сетей являются не дешевым оборудованием. Именно поэтому, в программном пакете MatLab+Simulink были проведены исследования, результатом чего была разработана и расширена методика по выбору ректоров с оптимальными параметрами.

По данной методике рассмотрено влияние токоограничивающих линейных реакторов, а так же влияние отдаленности линии электропередач при трехфазном коротком замыкании на разных линиях, на падение на-

пряжения на шинах за трансформатором (у потребителя нагрузки) на параллельной линии, при различных сопротивлениях системы.

Характер провала напряжения, в зависимости от характера нагрузки промышленного предприятия, отличается. Для примера, были рассмотрены в разных соотношениях долей активной нагрузки, а так же нагрузки асинхронных и синхронных двигателей.

Особенно перспективным для ограничения провала напряжения на сегодняшний день являются высокотемпературные сверхпроводниковые токоограничивающие реакторы. Видя перспективу развития использования таких реакторов в электрических сетях промышленных предприятия, была расширена данная методика по выбору реакторов с оптимальными сопротивлениями, где наглядно рассматриваются все этапы развития технико-экономических показателей.

УДК621.314.222.8

## **ДИАГНОСТИКА ОБМОТОК СИЛОВЫХ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ИХ МОДЕЛИ**

НДАЙИЗЕЙЕ МАРТИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УСАЧЕВ А.Е.

Науч. консультант канд. техн. наук ИЛЬДАРХАНОВ Р.Г.

Силовой трансформатор является важным элементом электрических сетей. Эти устройства всегда находятся под постоянными возмущениями при прохождении больших токов. Что может привести к деформации его обмоток. Существует много методов обнаружения деформаций и самый чувствительный метод является методом частотного анализа (МЧА). В работе [1] было рассмотрено анализ амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) большого числа автотрансформаторов (АТ) с целью нахождения информативных резонансов и диапазоны частот их положения.

В этой работе представлено анализ передаточных функций модели автотрансформатора получены при моделировании в среде мультисим (multisim 12.0). Схема замещения обмотки модели АТ собрана из множества контуров состоящих из последовательно соединенных омических и индуктивных элементов, емкость между контуров и емкость на землю изображающие витки обмотки. На входе модели подавалось низковольтный источник переменного тока. На выходе регистрирует передаточную функцию  $T(\omega)$  как отношение выходного сигнала  $Y(\omega)$  к входном  $X(\omega)$ , которая

получена при помощи Воде плоттера (Vode plotter). После моделирования было получены резонансы, которые уложились на частоте 2,1 МГц. Полученные резонансы при моделировании сходятся с резонансами полученные экспериментальным образом. И находятся в тоже диапазоне, как и в экспериментальном спектре, что подтверждает достоверность результатов исследования.

### *Литература*

М. Ндайзейе, Р.Г. Ильдарханов, А.Е. Усачев. Методика допустимых отклонений частот резонансов в спектре амплитудно-частотных характеристик обмоток силовых трансформаторов / Сборник материалов докладов «национальный конгресс по энергетике», 8-12 сентября 2014 г.; Казан. гос. энерг. ун-т. – Т. 4. – с. 328-334.

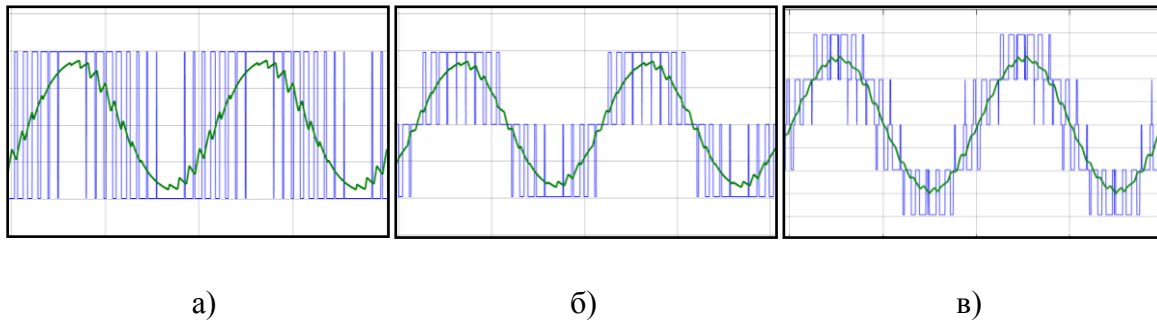
УДК 621.311; 621.314

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

НЕНАХОВ А.И., НИУ «МЭИ», г. Москва  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГАМАЗИН С.И.

Для систем электроснабжения важное значение имеют средства управляемой компенсации реактивной мощности. Наиболее широко применяются статические тиристорные компенсаторы (СТК). Новой стадией развития этого класса устройств являются установки СтатКом, построенные на базе IGBT-транзисторов. В первую очередь встает вопрос рационального выбора схемы инвертора напряжения.

Существует множество вариантов его построения: от двух уровневых до каскадных и комбинированных схем. Наиболее применимой является схема трехуровневого инвертора с нулевой точкой (neutral point clamped). Такие схемы нередко используются при построении частотно-регулируемых электроприводов. Эта схема отчасти имеет преимущества многоуровневых преобразователей, но более проста в реализации. В отличие от двухуровневых схем, позволяющих выдать в фазу соответственно 2 уровня постоянного напряжения ( $+V_c$  и  $-V_c$ ) NPC-схема обеспечивает в выходной цепи 3 уровня напряжения ( $+V_c$ , 0 и  $-V_c$ ). А для линейного напряжения в трехфазном инверторе такая схема реализует уже 5 уровней (рисунок).



Напряжения, формируемые инверторами: а) – двухуровневая схема; б) – фазное напряжение NPC-инвертора; в) – линейное напряжение NPC-инвертора

Трёхуровневые схемы имеют ряд особенностей в сравнении в мостовой схемой: меньший уровень неосновных гармоник при той же частоте переключений, большее количество ключей, но максимальные рабочие напряжения полупроводников, более полное использование величины постоянного напряжения.

И хотя использование таких устройств более затратно, это целесообразно с точки зрения качества получаемых напряжений и более широких возможностей управления. Поэтому в настоящее время рассматривается возможность использования такой схемы в устройствах компенсации.

УДК 621.316

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСФОРМАТОРОСТРОЕНИИ

НИКИТИН П.И., КузГТУ, г. Кемерово

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДОЛГОПОЛ Т.Л.

Научно-технический прогресс с каждым годом приносит все больше и больше инноваций в различные сферы деятельности, в том числе и в электроэнергетику. В данной статье представлены и проанализированы новые технологии в трансформаторостроении.

Силовой трансформатор является одним из важнейших элементов каждой электрической сети. Передача электрической энергии на большие расстояния от места ее производства до места потребления требует в современных сетях не менее пяти-шестикратной трансформации в повышающих и понижающих трансформаторах. В связи с этим, снижение потерь в самих трансформаторах очень актуально для повышения энергоэффективности систем электроснабжения потребителей.

В трансформаторах основные потери обусловлены магнитными процессами в магнитопроводах (потери холостого хода) и нагревом обмоток

(нагрузочные потери). Потери холостого хода трансформатора являются условно постоянными, так не зависят от тока нагрузки. Потери короткого замыкания (нагрузочные) меняются с изменением тока нагрузки и зависят от графика нагрузки трансформатора.

Потери в магнитопроводе трансформатора можно снизить двумя путями: улучшением типа и качества материала, а так же изменением конструкции. В большинстве современных трансформаторов магнитопровод выполнен из холоднокатанной анизотропной электротехнической стали, а соединения отдельных элементов магнитопровода выполнены с помощью шихтовки.

В статье рассмотрены и проанализированы трансформаторы с магнитопроводами из аморфной стали, трансформаторы с симметрирующим устройством и схемы соединения обмоток, позволяющие минимизировать потери при несимметрии, сравнены такие технологии изготовления магнитопроводов как «Step lap» и «Unicore» на предмет величины потерь в каждом из способов соединения магнитопроводов, так же обоснована выгода создания обмоток силовых трансформаторов из полых проводников.

УДК 621.316

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

НИКОЛАЕВА Т.П., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЁВА Е.И.

В выявление энергоэффективности нам помогает диагностическое испытание электрооборудования. Из расчетов энергоэффективности строится модернизация электрооборудования. Это связано с тем, что не всегда двигатели по мощности соответствуют своим механизмам, трансформаторы двигателям, которые от них питаются, сечения шин и кабельных линий не соответствуют токам нагрузки и т.д.

Причин появления таких несоответствий много, но основные это:

- не одновременный износ электродвигателя и механизма, или замена механизма отдельно от двигателя;
- результат модернизации цеха, когда старые трансформаторы, вроде бы проходят по мощности, но на деле работают с перегрузом, будучи уже значительно изношенными;

– при замене оборудования кабельные связи, которые сложнее всего менять, оставлены старые и уже не могут пропустить полный ток нагрузки, который в итоге уходит в тепло;

– и еще целый ряд причин, связанных с человеческим фактором (ошибки проектирования и т.д.).

Рассчитать энергоэффективность сложная задача, так как при этом нужно учесть реальное состояние и двигателя, и насоса (вентилятора), реально потребляемую из сети энергию и то, куда уходит разница между потребляемой и выдаваемой частью мощности.

Для определения всех необходимых данных необходимо проводить диагностику, в которую входит испытание электрооборудования.

УДК 621.315.21

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ 6 КВ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ**

НОВИКОВА Ф.Ш.Ж. ДА К., МАКСЮТОВ И.Н., УГНТУ (ф), г. Салават  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МИРОНОВА И.С.

В настоящее время существует множество методов технической диагностики кабельных линий, но нет ни одного универсального. У каждого метода есть свои достоинства и недостатки, а также условия ограничивающие возможности применения этого метода на практике. Поэтому предлагается анализ амплитудно-фазовых частотных характеристик гармонического спектра периодического синусоидального сигнала при различных технических состояниях изоляции.

На вход кабеля подается единичный ступенчатый сигнал, на выходе кабеля регистрируется кривая переходного процесса, дающая передаточную функцию  $W(p)$ , из которой формальной заменой  $p$  на  $j\omega$  получаем обобщенную частотную характеристику

$$W(j\omega) = \frac{k \cdot (1 - T^2 \cdot \omega^2)}{(1 - T^2 \omega^2)^2 + T_1^2 \cdot \omega^2} + j \cdot \frac{k \cdot T_1 \cdot \omega}{(1 - T^2 \omega^2)^2 + T_1^2 \cdot \omega^2}.$$

Пользуясь передаточной функцией и нормированными значениями основных электрических параметров кабеля можно определить расчетным путем, область расположения корней характеристического уравнения на комплексной плоскости, которая соответствует исправному состоянию кабеля, и границы области соответствующие предельному состоянию кабеля. В результате сопоставления координат корней характеристического урав-



нения с границами области делается заключение о состоянии кабельной линии. Для количественной оценки уровня деградации диэлектрических свойств изоляции кабеля использован метрический метод распознавания образов. Мерой уровня деградации служит расстояние между текущими значениями координат корней характеристического уравнения и координатами корней, соответствующих либо исходному, либо предельному состоянию изоляции.

Построение и анализ временных характеристик позволит выйти на новый уровень оценки текущего состояния кабельных линий, то есть количественно определить область предельного состояния.

УДК 620.9.470.41

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ С ВНЕДРЕНИЕМ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК**

НУРГАЛИЕВА А.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д.ф.-м.н., проф. КАШАЕВ Р.С.

Мини-ТЭЦ (малая теплоэлектроцентраль) – теплосиловые установки, служащие для совместного производства электрической и тепловой энергии в агрегатах единичной мощностью до 25 МВт. В настоящее время нашли широкое применение в зарубежной и отечественной теплоэнергетике паровые турбины, газотурбинные установки с водяной или паровой утилизацией тепловой энергии, газопоршневые, газодизельные и дизельные агрегаты с утилизацией тепловой энергии различных систем этих агрегатов.

Основное преимущество мини-ТЭЦ – близость к потребителям тепловой энергии. Снижаются или отпадают проблемы с теплосетями (трубопроводы, обеспечивающие подачу тепловой энергии от ТЭЦ к потребителям).

Целью работы является максимальное замещение выработки тепловой энергии, вырабатываемой существующими водогрейными котлами на выработку тепловой энергии на строящихся мини-ТЭЦ. Основным плюсом является выработка побочного продукта – электроэнергии, которая направляется в первую очередь на собственные нужды котельных и ТЭЦ, а излишки – реализуются на розничном рынке потребителю. При этом мощность мини-ТЭЦ подобрана с целью максимальной круглогодичной загрузки по тепловой энергии. Это подразумевает заключение договоров поставки электроэнергии с энергосбытовой компанией ООО «Татнефть-

Энергосбыт». При этом цена продажи будет определяться средней одноставочной свободной ценой приобретения электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности.

УДК 621.313

## ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА КОНФИГУРАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕТЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ

НУРУЛЛИН И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САФИН А.Р.

В системах электроснабжения существуют три основных вида питания (радиальное, кольцевое, магистральное) и четыре основных типа структуры сети: радиальная, магистральная, кольцевая, петлевая. Петлевая сеть используется в городских распределительных сетях для питания потребителей второй и третьей категорий надежности. При создании петлевой структуры возникает задача об оптимальном соединении  $n$  трансформаторных подстанций в схему петлевой сети. Каждая из  $n$  подстанций задана своим местом расположения. Пронумеруем подстанции  $i = 1, \dots, n$ . Для каждой из этих подстанций зададим координаты их размещения  $(x_i, y_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Задача состоит в том, чтобы соединить эти подстанции по типу петлевой схемы: две тупиковые ТП имеют соединения только с какой-нибудь одной подстанцией данной группы, все остальные соединены с двумя подстанциями, то есть с точки зрения математической теории графов степень каждой вершины, образующей дерево, не должна превышать числа 2 (предполагается, что количество ТП в группе больше двух  $n > 2$ , иначе задача не имеет смысла). Количество ребер, инцидентных вершине  $v$ , называется степенью (или валентностью) вершины и обозначается  $d(v)$ .

Данная задача является одной из модификаций задачи отыскания кратчайшего остова на заданном графе. Пусть  $G(V, E)$  – граф, здесь  $V$  – множество вершин графа,  $E$  – множество ребер графа. Основной подграф графа  $G(V, E)$  – это подграф, содержащий все вершины исходного графа. Основным подграфом, являющимся деревом, называется остовом. Остов всегда определяется ребрами, так как вершины остова суть вершины графа. Если задать длины ребер, то можно поставить оптимизационную задачу о нахождении кратчайшего остова. Задача о нахождении кратчайшего остова принадлежит к числу немногих задач теории графов, которые можно считать полностью решенными.

УДК 621.311

**МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ В СЕТЯХ 0,4 КВ**

ПЕРМИНОВ С.А., НИУ «МЭИ», г. Москва  
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РАШЕВСКАЯ М.А.

С вступлением в силу ФЗ № 261 «Об энергосбережении» возникла необходимость ежегодно принимать меры по снижению потерь энергии на промышленных предприятиях.

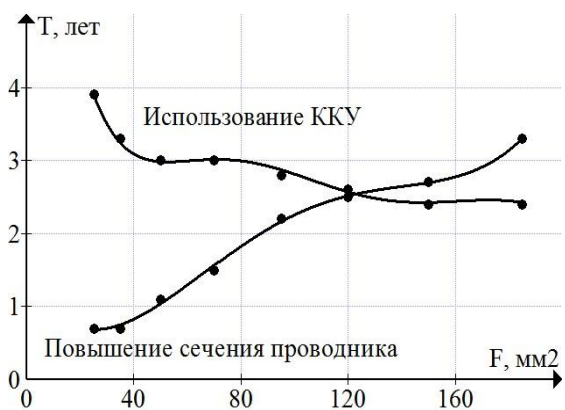
В данной работе исследуется экономическая эффективность двух методов снижения потерь электроэнергии в линии, питающей силовой пункт от шин подстанции 10/0,4 кВ.

Первый метод: установка нерегулируемых комплектных компенсирующих устройств (далее – ККУ) типа КРМ. При этом стоимость ККУ и затраты на доставку и монтаж сравниваются со суммой сэкономленной при снижении потерь ЭЭ. Другой способ снижения потерь электроэнергии – повышение сечения линии на ступень выше требуемого по условиям нагрева прокладке новых сетей кабелем типа АВВГ.

Расчет проводился при следующих условиях: стоимость ЭЭ: 4 руб/кВт·ч, длина линии: 300 м, среднегодовая (среднесменная) токовая нагрузка 50 % от максимально допустимой при прокладке кабеля в воздухе, число часов использования максимума нагрузки: 4000, коэффициент мощности:  $\cos\varphi = 0,75$ .

При данных условиях критерием экономически эффективного использования ККУ является среднегодовая токовая нагрузка не менее 40 % от максимальной и сечение линии  $120 \text{ мм}^2$  и выше, что обеспечивает срок окупаемости 3-4 года при обеспечении уровня компенсации реактивной мощности не менее  $\cos\varphi = 0,94$ . При этом потери электроэнергии удается снизить на 32 %.

Повышение сечение линии на одну ступень эффективно при среднегодовой нагрузке не менее 30 % максимальной и сечении кабеля  $70 \text{ мм}^2$  и ниже. При среднегодовой нагрузке



Зависимость срока окупаемости от сечения кабельной линии

50 % данное решение оправдано при любых сечениях кабеля см. рис., и позволяет снизить потери ЭЭ на 20÷28 %. Применение одновременно двух методов нецелесообразно.

Приведенные выше данные позволяют легко оценить и выбрать один из вышеуказанных методов снижения потерь электроэнергии.

УДК 621.311.001.57

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ПО НАПРЯЖЕНИЮ ДЛЯ КРУПНЫХ УЗЛОВ НАГРУЗКИ**

ПЕТРОВ В.В., СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КОТЕНЕВ В.И., СамГТУ г. Самара;

канд. техн. наук, диспетчер ОДС АЛЬМЕНДЕЕВ А.А.,

филиал ОАО «СО ЕЭС» Самарское РДУ г. Самара

В результате различных технологических нарушений (отключение генераторов, сетевых элементов и т.д.), а также ряда других причин, в электроэнергетической системе могут возникать перегрузки сетевых элементов по току и контролируемых сечений по активной мощности. Это грозит развитием аварийных ситуаций, вплоть до обесточивания потребителей, сопровождающихся многомиллионными убытками. Поэтому в случае возникновения перегрузок, диспетчер должен их устранить. Из всех применяемых методов разгрузки, резервным является метод ввода графиков ограничений потребления. Данный метод применяется лишь в крайнем случае, так как отключение потребителей ведет к недоотпуску электроэнергии и сопровождается значительными убытками. Поэтому актуальной становится проблема поиска альтернативных методов снижения перегрузки оборудования. В данной работе предлагается использовать метод снижения токов и потребляемой активной мощности за счет регулирования напряжения в сети.

Устранение токовой перегрузки достигается за счет использования регулирующего эффекта нагрузки. Однако снижение напряжения по-разному влияет на разные виды нагрузок. Поэтому была разработана математическая модель, позволяющая учесть конкретный вид нагрузки в энергосистеме и в комплексе оценить данный подход. На основе разработанной модели получены графики зависимостей токов и потребляемой мощности от напряжения в сети и даны рекомендации по влиянию снижения напряжения.

В работе приведена методика расчета в программном комплексе MathCad для части энергосистемы Самарской области. Смоделирована ситуация перегрузки участка по активной мощности и дан анализ различных нагрузок в узлах энергосистемы. С помощью предложенной модели произведены расчеты токов и потребляемой мощности в зависимости от изменения напряжения, а также даны конкретные рекомендации по снижению перетока активной мощности.

УДК 621.3

## **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ**

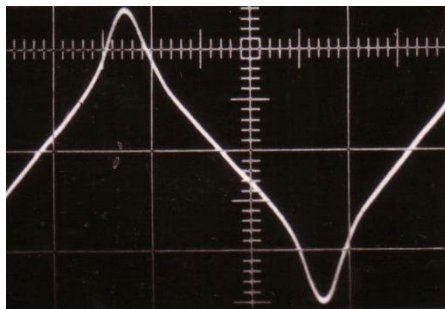
ПИВОВАРОВ А.Е., САЛЬНИКОВА В.М., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МЯКИШЕВ В.М.

Повышения устойчивости горения сварочной дуги можно достичь наложением на переменное напряжение импульсов от другого источника (осциллятора).

Существенным недостатком осцилляторов является то, что подача импульса не синхронизируется с моментом перехода тока через нулевое значение. Это практически устранено при использовании генераторов импульсов. Генератор импульсов состоит из трех основных элементов: зарядного устройства, коммутирующего и синхронизирующего элементов. Исполнение генератора импульсов может быть как электронное, так электромагнитное. Однако они имеют существенные недостатки: потребностью в надежном коммутирующем элементе и точной синхронизации подаваемого импульса с моментом перехода тока через нулевое значение.

Одним из перспективных способов повышения устойчивости малоамперной сварочной дуги является метод импульсного повышения напряжения на электродах в момент перехода тока через нулевое значение. Такой источник питания представляет собой трехстержневой трансформатор.

Сечение одного сердечника трансформатора выбирается так, чтобы он насыщался в режиме холостого хода. Тогда напряжение на выходных зажимах трансформатора имеет явно выраженный всплеск, самосинхронизированный с моментом перехода тока через ноль (рис.). Такая конструкция сварочного трансформатора позволяет снизить напряжение холостого хода на 25-30 %.



Напряжение холостого хода сварочного трансформатора

УДК 66.074.6

## **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ**

ПОДРЕЗОВ А.Н., ВАЛЕЕВ И.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

Известно, что наиболее существенными факторами загрязнения окружающей среды являются выбросы ТЭС и промышленных предприятий оксидов серы и азота при сжигании газа, угля, мазута и других топлив. Проблемы определения энергетических параметров и современных методов очистки являются актуальными.

Результаты наших исследований указывают на большую актуальность и высокую эффективность использования электростатических полей стримерной короны различных форм. Анализ отечественных работ и публикаций показывает, что вопрос о технологии очистки газовых выбросов данным методом и выборе энергетических параметров требует дальнейших исследований.

Полученные данные по влиянию конструктивных особенностей реакторов показывают, что при выборе электродной системы «плоскость – игла» основную роль имеет радиус коронирующего электрода (иглы). Более существенными факторами при повышении эффективности очистки оказались амплитуда, длительность, частота и форма приложенного к электродам напряжения.

Также исследовалась удельная доля объема, занятого стримерными каналами и плотности заполнения стримерами при различных параметрах импульсного напряжения и расстояния между электродами.

Эти данные позволили установить зависимость электрических режимов и геометрических размеров реакционной камеры, при этом оптимизи-

ровать технологические параметры очистки воздуха от экологически вредных газообразных примесей ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ).

УДК 628.973

## **СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ ЭНЕРГОАУДИТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ПРИВАЛИХИНА К.К., БИЯТТО Е.В., КузГТУ, г. Кемерово  
Науч. рук. доц. ДОЛГОПОЛ Т.Л.

Светотехнический энергоаудит – это обследование осветительных установок (ОУ), при котором определяется рациональность энергоиспользования, производится оценка возможного энергосбережения и разработка наиболее эффективных методов его реализации.

Проведенный энергоаудит учебных аудиторий и компьютерных классов одного из учебных корпусов КузГТУ показал, что не во всех осветительных установках выполняется норма освещенности и обеспечивается требуемое качество освещения. Продолжают использоваться неэффективные источники света, практически нет примеров использования электронных пускорегулирующих аппаратов (ПРА). Отмечено, что в ряде аудиторий для освещения используются люминесцентные лампы с разной цветностью излучения.

В Институте энергетики КузГТУ в одной из учебных аудиторий кафедры электроснабжения произведена реконструкция осветительной установки с использованием энергосберегающих технологий.

Произведена замена светильников ЛВО – 4x18 с ЛЛ, работающими с электромагнитными ПРА, на светильники VARTON – 4x9 с линейными светодиодными лампами.

Расположение светильников в помещении не изменилось: три ряда по три светильника в каждом вдоль оконных проемов. Два ряда светильников от оконных проемов снабжены датчиками постоянной освещенности К2111, учитывающих создаваемый уровень естественного освещения в учебной аудитории и поддерживающих постоянный уровень освещенности на рабочих местах.

Также проведен светотехнический энергоаудит вспомогательных помещений спортивного модуля стадиона «Химик», где выявлены аналогичные факты нерационального расходования электроэнергии на осветительные нужды.

УДК 621

## РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

ПРИВАЛОВА В.М., МАЛИКОВ С.В., ПУТЕНИХИНА А.В., УГНТУ(ф),  
г. Салават

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МИРОНОВА И.С.

В современных условиях задача обеспечения промышленной безопасности на предприятиях требует использования интегральных критериев, позволяющих идентифицировать текущее техническое состояние и остаточный ресурс машинных агрегатов, от технического состояния которых зависит непрерывность и безопасность технологических процессов. Для распознавания характера повреждения элементов агрегатов на основе анализа параметров гармоник токов и напряжений, генерируемых двигателем, измерения температуры подшипников агрегата и изоляции обмотки статора используется метод искусственных нейронных сетей и метод планирования эксперимента (патент РФ на изобретение № 2431152 «Способ диагностики механизмов и систем с электрическим приводом»). Интегральный критерий оценки технического состояния формируется с использованием программного обеспечения «Оценка технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614081):

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{(\delta \cdot D_{\Sigma i} + g \cdot r_i + q \cdot K_{пв i})}{N},$$

где  $D_{\Sigma}$  – интегральный диагностический параметр поврежденности, формируемый из коэффициентов 3, 5, 7, 9 и 11 гармонических составляющих токов и напряжений, углов между соответствующими гармоническими составляющими, значений температуры подшипников и изоляции обмоток статора двигателя;  $g$  – показатель весомости рекомендации по эксплуатационным мероприятиям;  $K_{пв}$  – коэффициент значимости пожаро– и взрывоопасности оборудования, рассчитываемый по статистическим данным о количестве пожаров (взрывов), наносимому ущербу и числу погибших;  $\delta$ ,  $g$ ,  $q$  – весовые коэффициенты, определяемые методом экспертных оценок.

Использование интегрального критерия позволяет присвоить отдельному экземпляру машинных агрегатов сопоставимый показатель, по которому можно ранжировать оборудование.



УДК 621.315.1

## **КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

РЕДЬКИН А.О., КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ШЕВЧЕНКО Н.Ю.

Основные причины снижения надежности работы воздушных линий электропередачи (ВЛ): старение оборудования и влияние экстремальных метеорологических условий. На переходный период развития российской экономики предложена концепция развития ВЛ, позволяющая управлять надежностью экономическими методами, требующая совершенствования нормативно-правовой базы и внедрения современного высокотехнологичного оборудования. Главные задачи предложенной концепции: повышение сроков службы и надежности оборудования ВЛ, снижение сроков строительства и затрат на её эксплуатацию. Предложено: применение проводов типа Aero-Z; установка демпферов; междуфазовых изолирующих распорок; кольцевой защиты; средств ограничения колебаний проводов; замена промежуточных и анкерно-угловых опор на опоры более высокого класса напряжения или применение многогранных металлических опор; уменьшение вдвое длины пролетов на участках ВЛ подверженным большим гололедно-ветровым нагрузкам путем подстановки дополнительных опор; отказ от грозотросов (установка ограничителей перенапряжений или длинноискровых разрядников); строительство ВЛ с механической прочностью, выдерживающей возможные гололедно-ветровые нагрузки с повторяемостью один раз в 50 лет для ВЛ 330 кВ и выше, 30 лет для остальных ВЛ; внедрение автоматизированной информационной системы наблюдения за гололедом; использование более совершенных схем плавки гололеда; своевременное выполнение режимных мероприятий, позволяющих поддерживать температуру проводов на уровне, не допускающем налипание гололеда.

УДК 621.316.13

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО МЕСТО ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ЛИНИЯХ 110 КВ И ВЫШЕ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

РОЖИНА М.А., СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БУРЯНИНА Н.С.

В сетях 110 кВ и выше в районах Севера определение места повреждения является сложной задачей из-за больших длин линий электропередачи и большого количества подстанций промежуточного отбора.

Линии 110-220 кВ в Якутии имеют длины 400-600 километров. Повреждаемость линий довольно высокая, а поиск повреждения, сопровождаемый облетом линии на вертолетах и обходом ее пешком, сопряжен с большими затратами времени и финансовых средств. При этом следует учитывать, что линии 110–220 кВ, как правило, одноцепные и повреждение на них влечет отключение потребителей.

Потери от простоя поврежденных линий составляют основную часть от всех потерь. Уменьшение времени поиска места КЗ напрямую зависит от точности самого Устройства и каждой из частей комплекса определения места повреждения.

Целью проекта является разработка Устройства для работы в комплексе с алгоритмом определения места повреждения на линиях 110 кВ и выше. Устройство будет считывать данные с линии, что является неотъемлемой частью разработанного алгоритма определения места повреждения (ОМП). Поэтому разработка программ определения места повреждения на персональных компьютерах, куда записывается информация о мгновенных значениях фазных токов и напряжений в процессе аварии, является актуальной задачей.

Установка таких устройств на концах ВЛ 110 кВ и выше, эксплуатируемых в Якутии, позволит уменьшить простой электропередач, уменьшить расходы на ремонт, за счет экономии времени на поиск, уменьшить нагрузку на экологию от транспортных средств поисковых бригад. В Устройстве будут применены некоторые технические решения, улучшающие качество работы устройства и, следовательно, всего комплекса в целом. Внедрение устройства в производство улучшит электроснабжение потребителей в Якутии

УДК 621.316

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ ОТКЛЮЧЕНИЯ**

РОМАНОВ А.С., СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВОРОНИН А.А.

В настоящее время стратегия планового технического обслуживания и ремонта высоковольтного оборудования постепенно уходит в прошлое. На смену ей приходит другая стратегия – непрерывный мониторинг технического состояния оборудования. Эта тенденция затрагивает, в первую очередь, наиболее ответственное оборудование энергосистемы, в частности, высоковольтные выключатели (ВВ).

Являясь основными коммутационными аппаратами электрической системы, выключатели должны обеспечивать высокую надежность выполнения своих функций отключения и включения, как в нормальном, так и в аварийном режиме работы. Соответственно, они требуют проведения своевременного и обоснованного технического обслуживания и ремонта. Однако невозможно осуществлять техобслуживание и ремонт по техническому состоянию, не располагая современной системой мониторинга и диагностики, способной оценивать текущее состояние и определять расход и остаток ресурса ВВ.

Для описания сложных физических явлений, происходящих в высоковольтных выключателях при отключении цепи, необходимо иметь математическую модель электрической дуги. Существует ряд подходов к моделированию дуги. Первый подход предполагает описание физических процессов в столбе дуги, что приводит к необходимости решения основных уравнений для дуговой плазмы. При втором подходе для построения математической модели дуги используется интегральное уравнение энергетического баланса. Для ее построения достаточно иметь полученные при испытаниях осциллограммы тока и напряжения на дуге. Модели этого типа называются интегральными динамическими моделями электрической дуги и представляют собой класс нелинейных дифференциальных уравнений первого, второго и более высоких порядков.

В работе проводилось моделирование электрической дуги отключения ВВ, представленной моделью с изменяющимися длиной и сечением. Моделирование осуществлено в среде MatLab по результатам экспериментов, полученных при испытаниях выключателей на Жигулевской ГЭС. Полученные данные могут быть использованы для оценки остаточного коммутационного ресурса высоковольтного выключателя.

УДК 621.311-025.12

## **АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЛАНОВОГО ПОЧАСОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

РУЗАНОВ Р.В., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КРЕТОВ Д.А.

Прогнозирование объемов почасового потребления электроэнергии – серьезная проблема, с которой сталкиваются предприятия, работающие на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ). На сегодняшний день существует несколько способов ее решения. Проведенный анализ моделей

прогнозирования электропотребления позволил выявить их преимущества и недостатки.

Основным своим преимуществом модели прогнозирования, основанной на обработке статистических данных экспертом-аналитиком, является отсутствие необходимости закупки дорогостоящих программных комплексов для планирования электропотребления. К недостаткам модели можно отнести большую зависимость от субъективного мнения эксперта и длительность процесса составления прогноза.

На данный момент, набирает популярность модель прогнозирования на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). К преимуществам данной модели можно отнести высокую точность и быстроту составления прогноза. Данная модель позволяет автоматизировать составление графика планового электропотребления.

Использование модели прогнозирования на основе ИНС позволяет устранить недостатки статистической модели и добиться более высокой точности прогноза, однако, для ее реализации необходимо проведение подготовительных работ, таких как выбор модели нейронной сети и сбор обучающих материалов.

УДК 621.314.222.6

## **РАСШИФРОВКА СПЕКТРА АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

САЛЕМГАРЕЕВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УСАЧЕВ А.Е.

Контроль состояния обмоток силовых трансформаторов является важным элементом поддержания надежности электроснабжения потребителей. Одним из методов контроля состояния обмоток является метод низковольтных импульсов. В методе сравниваются эталонная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) трансформатора, сделанная на заводе изготовителе, с АЧХ записанной в период эксплуатации. Критерием неисправности трансформатора является коэффициент корреляции меньше 0,96.

В настоящем докладе сообщается о модифицированном методе контроля состояния силовых трансформаторов по их АЧХ. Предлагается заменить один спектр АЧХ трансформатора набором дискретных резонансных линий гауссовой формы. Для этого была разработана программа на Delphi. При первоначальной загрузке АЧХ трансформатора программа оп-

ределяет амплитуду и частоту ее экстремумов. На втором шаге амплитуда, частота и ширина линии подставляются в программу, строящую суммарный результирующий спектр всех линий. Далее добавлением резонансных линий в файл данных повторно строится модельный спектр и сравнивается с экспериментальной АЧХ. Процесс повторяется до полного совпадения модельной и экспериментальной АЧХ. Полученный набор резонансных линий используется для контроля состояния обмоток силового трансформатора.

УДК 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕСУРСА МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

САЛИЕВА Л.М., МАЛИКОВ А.В., ЮМАГУЗИН У.Ф.,  
УГНТУ (ф), г. Салават

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БАШИРОВА Э.М.

Надежная и безопасная эксплуатация машинных агрегатов нефтегазовых производств невозможна без применения системы диагностики их технического состояния. Для оценки технического состояния агрегатов в настоящее время применяется целый комплекс методов и средств, использующих различные диагностические параметры.

Для определения уровня поврежденности машинного агрегата в целом предложен диагностический параметр поврежденности  $D_{\Sigma}$ , формируемый искусственной нейронной сетью из совокупности значений показателей кодов режимов работы и поврежденности элементов машинного агрегата  $D_m$  с использованием программного обеспечения «Программа оценки технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618055). Программный продукт загружает данные с измерителей показателей качества электроэнергии Энерготестер ПКЭ и Ресурс-UF2M, результаты измерений значений температуры подшипников  $T_{подш}$  и изоляции обмоток статора двигателя  $T_{изол}$ , рассчитывать значения коэффициентов гармонических составляющих тока  $K_{In}$  и напряжения  $K_{Un}$ , определять углы  $\phi_{i(n)}$  между соответствующими гармоническими составляющими:

$$D_m = F(K_{InA}, K_{UnA}, \phi_{ui(n)A}, K_{InB}, K_{UnB}, \phi_{ui(n)B}, K_{InC}, K_{UnC}, \phi_{ui(n)C}, T_{подш}, T_{изол}), \quad (1)$$

$$D_{\Sigma} = F\left(\sum_{m=1}^{17} w_m D_m\right), \quad (2)$$

где  $w$  – весовые коэффициенты;  $m$  – количество выходов нейронной сети.

Значения параметра  $D_{\Sigma}$  по аналогии с методом вибродиагностики подразделяются на три уровня поврежденности: «Повреждение не обнаружено», «Повреждение обнаружено», «Обнаружено критическое повреждение». За 100 % уровень поврежденности (ГОСТ 27.002-89) принято состояние, при котором дальнейшая эксплуатация агрегата недопустима.

УДК 621.315.1

## **МОНИТОРИНГ РЕЖИМА РАЙОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6-10 КВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ОБРЫВОВ ФАЗ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ**

САМОФАЛОВ Ю.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ФЕДОТОВ А.И.

Обрыв провода одной из фаз воздушной ЛЭП в районных электрических сетях составляет около 10 % от всех видов повреждений. Степень опасности названного аварийного режима характеризуется переходом аварийного режима в однофазное замыкание на землю при касании оборванного провода земли. При этом, в зависимости от места разрыва провода по отношению к опоре ЛЭП возможны три режима замыкания:

- замыкание на землю со стороны источника;
- замыкание на землю со стороны электроприемника;
- замыкание на землю в двух точках, со стороны источника и со стороны электроприемника.

При обрыве линейного провода приемники данной фазы остаются без энергии, а приемники двух других фаз продолжают получать питание от неповрежденных проводов трехфазной системы. Таким образом, определить место разрыва провода достаточно проблематично. Целью данной работы является мониторинг режима районной электрической сети 6-10 кВ с целью выявления обрывов фаз воздушных линий. Моделирование производится с помощью программы *Matlab Simulink*. В данной работе рассматривается два режима – с симметричной нагрузкой и несимметричной, с коэффициентом несимметрии 4 %. Также в ней представлены результаты моделирования со схемами соединения обмоток трансформатора «звезда-звезда» и «треугольник-звезда». Результаты моделирования показали, что

на стороне 0,4 кВ по уровню токов и напряжений обратной последовательности на каждой подстанции можно оценить аварийный участок в электрической сети древовидной топологии. Данный метод позволит определять примерное место обрыва фаз на базе измерителей токов и напряжений, что приведет к уменьшению затрат.

УДК 66.07

## **РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА И СЕРЫ**

САНДАКОВ В.Д., ВАЛЕЕВ И.М., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

Возможность использования импульсной стримерной короны для очистки газов от экологически вредных примесей исследуется в настоящее время во многих странах. Однако основными недостатками существующих методов очистки, сдерживающими их практическое применение, остаются большие удельные затраты энергии на очистку.

Исследования показывают, что предпосылкой очистки газов в зоне стримерного разряда является концентрация образованных химически активных частиц, таких как O, O<sub>3</sub>, OH-, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> за счет взаимодействия молекул газа с электронами, обладающими сравнительно высокими энергиями. Вблизи головки стримера, где напряженность поля порядка 10<sup>5</sup> В/см, энергия электронов достигает 9,5 эВ.

Энергетические параметры, такие как концентрация активных частиц и напряженность импульсной короны в зоне очистки могут быть управляемыми и создавать режимы с максимальной степенью очистки при комбинированном воздействии на поле стримерной короны электромагнитным излучением, в частности ультрафиолетового диапазона.

Как показывают результаты экспериментальных работ разработка предложенной технологии очистки комбинированным способом, во-первых, не сопряжена с решением сложных инженерных задач, и, во-вторых, обеспечивает низкие затраты энергии источника высокого напряжения и излучения в агрессивной среде очищаемого газа. Воздействие только коронирующего электрода и излучателя электромагнитных волн на газ является несомненным преимуществом способа очистки по сравнению с другими электрофизическими способами.

УДК 621.311

## **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

СЕРПИОНОВА Т.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель их энергетической эффективности, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности, оперативного, эксплуатационного и ремонтного обслуживания электрических сетей, оптимальности их развития.

Основными методами анализа потерь электроэнергии являются:

– оценка режимов работы сетей (уровней напряжения, потоков активной и реактивной мощности) и оборудования (плотности тока в проводах линий, загрузки трансформаторов, соответствия их установленной мощности пропускной способности линий) на основе результатов схемно-технических расчетов;

– анализ небалансов электроэнергии на подстанциях и в сетях;

– интервальный анализ структуры потерь электроэнергии, основанный на представлении каждой составляющей потерь в виде интервала неопределенности ее значений.

Для целей анализа и нормирования потерь была использована укрупненная структура потерь электроэнергии, в которой потери разделены на составляющие исходя из их физической природы и специфики методов определения их количественных значений.

В результате анализа было определено, что потери электроэнергии можно разложить на четыре составляющие:

– технические потери электроэнергии;

– расход электроэнергии на собственные нужды подстанций;

– потери электроэнергии, обусловленные погрешностями ее измерения;

– коммерческие потери.

Также отмечено, что каждая составляющая потерь имеет свою более детальную структуру.



УДК 621.316.9

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

СИДОРОВА В.Т., КАРЧИН В.В., МарГУ, г. Йошкар-Ола

В работе приводятся результаты моделирования локального распределения устройств компенсации реактивной мощности (КРМ) в сельских сетях 0,4 кВ. Методика локального распределения устройств КРМ предложена авторами в работе [Карчин В.В., Сидорова В.Т. Локальная компенсация реактивной мощности в сельских распределительных сетях 0,4 кВ. Электрооборудование: эксплуатация и ремонт №11/2014. С. 21–24] с целью улучшения одних из основных показателей качества электроэнергии – установившегося отклонения напряжения и коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и по нулевой последовательности (см. ГОСТ Р 54149-2010). При распределении устройств КРМ на линии с помощью предлагаемой методики потери напряжения могут быть снижены на 3 % от номинального. После установки устройств КРМ установившиеся значения отклонения напряжения от номинального будут находиться в пределах допустимого значения.

Электрические сети 0,4 кВ отличаются значительной неравномерностью нагрузок фаз линии, что ведет к превышению нормально допустимого значения коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности в 2–2,5 раза. При этом увеличиваются потери мощности не только в фазных, но и в нулевом проводах. В отличие от межфазной при пофазной КРМ может быть достигнут симметрирующий эффект по нулевой последовательности. Вследствие этого уменьшается не только коэффициент несимметрии напряжения по обратной, но и по нулевой последовательности, что уменьшает значения токов в фазных и в нулевом проводе. При КРМ выполняется требование к минимальному значению коэффициента реактивной мощности для точек присоединения потребителя к электрической сети 10(6)–0,4 кВ  $\cos \varphi = 0,944$ . Суммарные потери активной мощности в электрической сети (потери в линии, трансформаторах и потери, обусловленные несимметрией напряжения) могут быть уменьшены на 30 % от потерь без КРМ.

УДК 621.316.9

## **УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В НЕОДНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 10 КВ**

СИДОРОВА В.Т., КАРЧИН В.В., МарГУ, г. Йошкар-Ола

В работе приводятся результаты исследования экономического потокораспределения путем размыкания контура в кольцевых сетях 10 кВ. В данной работе получены оптимальные алгоритмы и критерии определения рациональных точек размыкания замкнутого контура в сетях 10 кВ. Получены численные значения уменьшения потерь активной мощности при размыкании контура.

Как правило, все замкнутые сети неоднородны из-за неодинаковости отношения реактивных сопротивлений к активным –  $X_i/R_i$  на каждом участке сети. В неоднородных замкнутых сетях наблюдаются дополнительные потери мощности по сравнению с однородными замкнутыми сетями ( $X_i/R_i = \text{const}$ ) за счет несовпадения естественных и экономических потоков мощностей в сети. Для достижения минимальных потерь мощности в линии с двусторонним питанием необходимо принудительно добиться экономического потокораспределения. Это можно сделать включением в контур сети уравнительной ЭДС, или путем продольной компенсации индуктивного сопротивления участков сети, или размыканием контура электрической сети. Способ размыкания неоднородных контуров сети широко применяется как в распределительных сетях до напряжения 110 кВ, так и в местах более высокого напряжения. Надежность электроснабжения потребителей в случае аварийных отключений обеспечивается быстрым автоматическим включением отключенных выключателей. Определение рациональной точки размыкания воздушной кольцевой сети, соответствующей минимуму потерь активной мощности, является довольно трудоемкой задачей. Поэтому на практике эта точка берется произвольно, что ведет к значительным потерям активной мощности. В данной работе получены оптимальные алгоритмы и критерии определения рациональных точек размыкания замкнутого контура в сетях 10 кВ. Получены численные значения уменьшения потерь активной мощности при размыкании контура.

УДК 621.313.001.63

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

СНИТЬКО И.С., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МАРТЫНОВ В.А.

Одним из важных направлений в теории измерительных трансформаторов является учет динамических процессов, которые возникают при изменении параметров как сети, так и присоединенной нагрузки. Анализ этих процессов затруднен нелинейностью магнитной цепи и учетом нагрузки, которая в общем случае содержит реактивные элементы. В настоящее время при анализе нелинейных динамических схем широко применяется метод переменных состояния, который совместим со многими методами численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений и может считаться универсальным методом. На основании этого метода была создана математическая модель динамических процессов в измерительных трансформаторах, которая позволяет анализировать как статические, так и динамические процессы в измерительных трансформаторах самых различных конструкций при любых нагрузках.

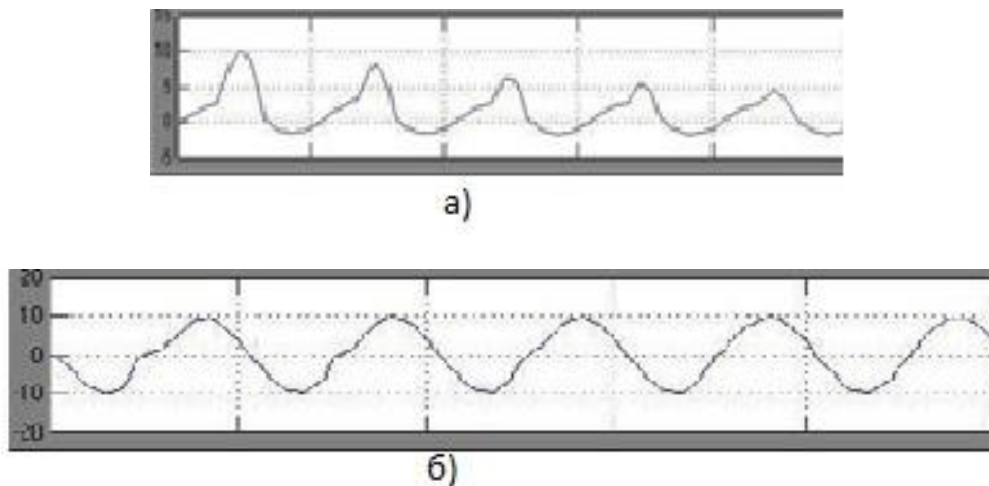


Рис. 1. Кривые первичного и вторичного тока: а) кривая первичного тока при подключении резистивной нагрузки; б) кривая вторичного тока при подключении резистивной нагрузки

При подключении к выводам вторичной обмотки измерительного трансформатора нагрузки, представленной резистивными элементами, получаем следующие кривые первичного и вторичного токов (рис. 1 а) и б)

соответственно). Из анализа кривых можно сделать вывод о том, что вторичный ток быстрее выходит на установившийся режим.

УДК 621.311:681.5

## **ТЕХНОЛОГИЯ SMART GRID**

СУЛТАНОВА И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛИЗУНОВ И.Н.

Под интеллектуальными энергосистемами Smart Grid понимается такая система передачи, распределения и потребления электрической энергии, которая сочетает в себе элементы традиционной энергетики и новейшие энергетические технологии, комплексные инструменты контроля и мониторинга, а также информационные технологии и средства коммуникации, обеспечивающие более высокую производительность энергосети и позволяющие коммунальным и энергогенерирующим компаниям осуществлять бизнес-процессы в сфере предоставления услуг и обслуживания потребителей.

В традиционных сетях ток по проводам поступает от генерации к потребителю в соответствии с заранее заданным уровнем напряжения и сопротивления. При внедрении Smart Grid электросеть сможет самостоятельно регулировать подачу электроэнергии в зависимости от снижения или увеличения режима потребления.

Внедрение Smart Grid позволит, во-первых, повысить надежность электроснабжения потребителей и обеспечить безотказность работы энергосистем. Во-вторых, умные сети позволят повысить эффективность расхода энергоресурсов с сохранением требуемых параметров качества электрической энергии. В-третьих, благодаря увеличению доли использования нетрадиционных источников энергии, улучшится экологическая обстановка.

Главным преимуществом новой системы является двусторонняя связь с потребителем электроэнергии.

Элементы интеллектуальных сетей: «Умное освещение», реклоузлы, бустеры, приборы учета («интеллектуальные» счетчики), телемеханизированные подстанции 35-110 кВ.

В нашей стране реализацией концепции Smart Grid занимается ОАО «Россети». В 2009 г. на подстанции «Алюминиевая» (Республика Хакасия) были введены батареи статических конденсаторов. В 2010 г. на подстанции «Выборгская» (Ленинградская область) началась эксплуатация уст-

ройства, которое дает возможность регулировать мощность. С 2009 г. на базе Белгородэнерго началось строительство «умных сетей».

УДК 621.3.14

## **МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

ТАТУЕВ А.В., БОРОДИЧ Е.А., НИУ «МЭИ», г. Москва  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РАГУТКИН А.В.

В настоящее время развитие и внедрение информационных технологий во все сферы жизнедеятельности человека происходит с большой скоростью. В связи с этим растет число ЦОДов (центров обработки данных), служащих для обработки, хранения и передачи больших объемов данных.

Существующие нормы проектирования ЦОДов в России практически отсутствуют или устарели. На западе иная картина, там разработаны нормы, позволяющие спроектировать мощные ЦОДы.

Одна из основных причин большого числа проблем, связанных с ЦОД – отсутствие российских стандартов, аналогичных европейским или американским [2].

Большая часть ошибочных мнений об уровнях центров обработки данных, при которых отечественные специалисты не рассматривают ЦОД как сложную комплексную систему, надежность которой определяется наличием точек отказа, является следствием отсутствия единого национального стандарта, документа, позволяющего специалистам разных секторов IT-отрасли общаться как минимум в рамках единой терминологической базы. Пока же национальный стандарт только обсуждается различными IT-сообществами. На сегодняшний день самым распространенным нормативным документом, который используют при проектировании ЦОДов, является «Стандарт TIA-942», разработанный ANSI [3].

На сегодняшний день происходит увеличение количества ЦОДов, поэтому вопрос корректной и грамотной системы электроснабжения ЦОДов весьма актуален. Анализ нормативной документации и методик проектирования показал, что на данный момент в России они практически отсутствуют [4].

### *Литература*

1. Рагуткин А.В. Разработка методики проверки эффективности работы защиты при косвенном прикосновении в электроустановках до 1 кВ при

электроснабжении от источников бесперебойного питания статического типа: Дис.– диссертация. М.: 2009.

2. Н.В. Саженкова. «Разработка методики проверки эффективности работы защиты при косвенном прикосновении в электроустановках до 1кВ на этапе проектирования систем электроснабжения» – диссертация. М.: 2006.

3. А.Ю. Воробьев. «Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем». – М.: Эко-Трендз, 2002г, 280с.

4. В.Н. Радкевич. «Проектирование систем электроснабжения». – М.: ПИОН, 2001г, 292с.

УДК 621.315.176

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 220 КВ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

ТИМОФЕЕВА А.В., СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БУРЯНИНА Н.С.

Известно, что в последние годы многие регионы и города России сталкиваются с проблемой ограниченной пропускной способности ЛЭП. Развитие промышленности, транспорта и других отраслей народного хозяйства требует непрерывного роста производства электроэнергии и совершенствования ее передачи и распределения.

Для решения этой проблемы предлагается новая конструкция линии с повышенной пропускной способностью. Фаза линии выполнена из группы проводов, где каждая группа расщеплена, и верхняя поддерживает нижнюю так, чтобы нижняя группа проводов не имела стрелы провеса. Такая подвеска исключает горизонтальное перемещение фаз, а значит и пляски проводов, в результате фазы на линии сближены до двух метров. Нижняя группа проводов закреплена на дополнительной траверсе.

Произведен механический расчет проводов и электрических параметров. Анализ их эффективности по сравнению с линиями 220 кВ традиционного исполнения показал, что у линий новой конструкции натуральная мощность больше на 25 %, а с экономической точки зрения, они дешевле на 20 %. Также минимизированы неблагоприятные воздействия на окружающую среду за счет уменьшения расстояния между фазами.

Предлагаемая конструкция линии электропередачи является компромиссным решением проблемы повышения пропускной способности высоковольтных линий. При этом для ее осуществления не требуется разработка нового оборудования.

УДК 004.896

## **АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ВЫБОРА ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

ТОЛПАЕВ Д.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. САБИТОВ А.Х.

Во многих электротехнических расчетах, связанных с проектированием, приходится сталкиваться с задачей выбора сечения проводника и согласования его с защитными аппаратами. При решении этой задачи специалисту приходится иметь дело с большим числом справочной и нормативной литературы, что требует от него усиленной сосредоточенности, внимательности и является причиной больших затрат времени. Нормативные документы для различных электроустановок требуют применять разные методы расчета.

Все эти методы основаны на экономической целесообразности использования выбранного проводника с учетом потерь в нем электрической энергии, затрат на установку, эксплуатацию и демонтаж.

Чтобы упростить работу инженера, для него можно создать обобщенную компьютерную модель, которая смогла бы учесть: конструкцию проводника, материал его жил, все слои изоляции, защитные оболочки, условия окружающей среды, способ прокладки, динамику изменения токовой нагрузки, распределение плотности тока в сечении проводника, влияние близко находящегося электрооборудования.

Такая модель позволила бы определить оптимальное сечение проводника с экономической точки зрения при заданных ограничениях. Например, многие предпочитают выбирать сечение проводников напрямую по таблицам длительно-допустимых токов в ПУЭ, не обращая внимание на то, что эти данные приведены для нормальных условий окружающей среды. В результате нагрузочная способность выбранного провода может быть определена неверно. Другие специалисты – наоборот, в своих проектах пытаются добросовестно следовать всем требованиям ПУЭ, не упуская из внимания даже самые незначительные детали.

УДК 621.311

## **КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

ТУМЫРКИН Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. МАКЛЕЦОВ А.М.

Компенсация реактивной мощности – одно из важнейших мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии. Уровень реактивной мощности влияет на экономическую и техническую характеристику сетей.

В современной электроэнергетике сформировался ряд способов решения проблем по компенсации реактивной мощности:

– выбор оптимальной мощности компенсирующих устройств в узлах сложной нагрузки;

– взаимоотношения энергосберегающих организаций и потребителей электроэнергии в части условий потребления и генерации реактивной мощности.

Наиболее близко подойти к решению данных проблем позволяют:

– анализ методов оптимизации перетоков реактивной мощности в электрических сетях;

– разработка алгоритмов и проведение контрольных расчетов по выбору мощности компенсирующих устройств и их размещению в системообразующих и распределительных сетях.

УДК 621.3.045.13

## **ОБМОТКИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА U-ОБРАЗНОГО ТИПА**

ТУРЧЕНКО А.Б., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КУЗНЕЦОВ В.Н.

Трансформатор является одним из важнейших элементов электрической сети, а значит, проектирование его конструктивных элементов непосредственно влияет на потери и качество электроэнергии. Обмотки в силовых трансформаторах являются важным элементом преобразования электрической энергии. Выбор типа обмотки производится в процессе разработки электромагнитного расчета при проектировании трансформатора. Данная статья посвящена U-образной обмотке.

Такое название обмотка получила из-за того, что при намотке провода в радиальном направлении она напоминает английскую букву «U». В такой обмотке сначала мотается внутренний слой. Затем делается переход из внутреннего в наружный слой и наматывается наружный слой, при этом направление намотки наружного слоя изменяется относительно направления намотки слоя внутреннего.

U-образная обмотка имеет ряд преимуществ. Она является достаточно технологичной, что в современных условиях оптимизации производства является важным условием. Для ее производства используется небольшое число деталей, что уменьшает сроки производства. Концы обмотки выходят либо снизу, либо сверху, что упрощает схему выхода концов обмотки



для проектирования отводов. Такая обмотка имеет канал между внутренним и наружным слоем, что улучшает условия охлаждения обмотки.

УДК 621.3.045.59

### **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБМОТКИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

ЧЕЛЯКОВА Н.В., ТУРЧЕНКО А.Б., ТГУ, г. Тольятти  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КУЗНЕЦОВ В.Н.

Тепловое состояние силового трансформатора является наиболее значимым контролируемым параметром. Для осуществления такого контроля применяются методы измерения температуры наиболее нагретых точек внутри трансформатора (ТННТ). Данные измерения позволяют оценить перегрузочную способность оборудования в динамике. Наибольшие возможности дает применение распределительных волоконно-оптических датчиков температуры.

Так как оптоволоконные датчики помещаются непосредственно в обмотку на высоком потенциале, то это позволит избавиться от электромагнитных помех при измерениях. Высокая скорость измерения, 250 миллисекунд в каждом канале, дает возможность мгновенно обнаружить максимальную нагрузку или аварийную перегрузку, тем самым позволяет определить оптимальную загрузку трансформатора. Данный контроль может продлить срок службы трансформатора, уменьшить потери в нем, сократить расходы на его эксплуатацию за счет снижения вероятности повреждений из-за перегревов.

Основным недостатком волоконно-оптической системы непрерывного контроля нагрева трансформаторов в работе с измерением ТННТ является его дороговизна. Поэтому данную систему целесообразно использовать на трансформаторах с большой мощностью.

УДК 621.314

### **К РАСЧЕТУ ШУМА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

ТЮЛЕНЕВ И.С., ХАРЛАМОВ А.В., ИГЭУ, г. Иваново  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ПОПОВ Г.В.

Основной шум трансформаторов вызывается вибрацией активной части. Еще одним источником шума трансформатора являются его обмотки, проводники которых вибрируют под действием сил взаимного притя-

жения при протекании в них переменного тока в режиме нагрузки. Шум, обусловленный обмоткой, зависит от тока нагрузки.

В нашем исследовании на данном этапе учитываются следующие источники шума трансформатора (узлы и их количество):

- 1) стержни – 3;
- 2) верхние и нижние ядро – 4;
- 3) косые стыки магнитной системы – 6.

Расчет уровня звука, при нескольких источниках акустического воздействия проведен по формуле:

$$L_A = 10 * \lg \left( \sum_{j=1}^J \frac{10^{0.1 * L_{p*j}} * x_j * \Phi_j}{\Omega_j * r_j^2} \right),$$

где  $J$  – количество источников звуковой энергии;  $L_{p*j}$  – уровень звуковой мощности  $j$ -го источника;  $x_j$  – коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля  $j$ -го источника;  $\Phi_j$  – показатель направленности излучения звуковой энергии  $j$ -го источника;  $\Omega_j$  – пространственный угол излучения звуковой энергии  $j$ -го источника, рад;  $r_j$  – расстояние от акустического центра  $j$ -го источника звуковой энергии до расчетной точки.

Уровень звука, например, трансформатора ТМ-630/10 в расчетной точке составит порядка 57 дБ. Таким образом, в результате начального этапа исследования была выполнена приблизительная оценка шума трансформатора с естественным охлаждением в предположении, что его основным источником являются магнитострикционные колебания магнитной системы; вибрация проводников в обмотке под действием сил взаимного притяжения и резонанс магнитной системы на данном этапе не учитывались. Можно предположить, что резонанс может увеличить уровень шума трансформатора примерно на 5 дБ.

На втором этапе нашего исследования была поставлена задача: произвести уточненный расчет уровня шума трансформатора на основе программного комплекса ANSYS.

УДК 621.315.1

## **ЁМКОСТНОЙ ОТБОР МОЩНОСТИ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ТРЁХФАЗНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

УКАНЕЕВА Е.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. КОЗЛОВ В.К.

Вопросы диагностики и мониторинга отдаленных воздушных линий электропередач (ВЛЭП) сложной структуры часто вызывают трудности у организаций, которые занимаются их эксплуатацией и обслуживанием.

Различия между системами мониторинга воздушных ЛЭП обычно заключается в способе установки первичных датчиков, контролирующих параметры технического состояния линии:

– системы мониторинга, датчики которых монтируются «на земле» и подключаются к контролируемым линиям при помощи различных согласующих устройств, чаще всего конденсаторов связи. Это подключение чаще всего является наибольшей проблемой, так как требует высоковольтной развязки.

– системы мониторинга воздушных ЛЭП, датчики которых монтируются непосредственно на проводах линии. В этом случае проблемы подключения датчика к линии полностью снимаются, но возникают проблемы обеспечения бесперебойного питания электронной части датчика.

Возникает вопрос, какой источник питания надежнее в работе и электробезопаснее как для окружающих людей, так и для электрооборудования?

Источник питания на основе трансформатора тока обладает существенным недостатком: при токах меньших, чем минимальный, этот источник питания не обеспечивает необходимой мощности для работы устройств измерения.

Источник питания на основе емкостного делителя напряжения с одной заземленной обкладкой увеличивает вероятность пробоя, а также повышается стоимость и габариты.

По проведенным исследованиям и экспериментам получаем, что использование емкостного источника питания повышает надежность работы и снижает габариты находящихся под высоким потенциалом измерительных устройств различных параметров ВЛЭП переменного электрического тока (например, датчиков тока, напряжения, температуры и т.д.).

УДК 620.19

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

УСМАНОВ Д.Р., ХУСНУТДИНОВА И.Г., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. БАШИРОВ М.Г.

Для обеспечения безопасной работы энергетического оборудования необходим постоянный контроль его технического состояния. Одним из показателей является состояние материала конструктивных элементов, по-

вреждение которых сказывается на работоспособности оборудования в целом. Так, например, для турбогенераторов, эксплуатируемых на ТЭС, отказы, вызванные механическими повреждениями, составляют порядка 10,8 % от общего числа отказов.

В настоящее время для оценки состояния металла широко используются методы и средства неразрушающего контроля, такие как: акустический, капиллярный, магнитный, оптический, вихретоковый и другие. Главным недостатком данных методов является выявление уже развитых дефектов.

Для оценки реальных изменений в структуре и механических свойств конструкционных материалов, определения фактического технического состояния и ресурса безопасной эксплуатации конструктивных элементов электроэнергетического оборудования предлагается использование электромагнитно-акустического метода и программно-аппаратного комплекса, реализующего этот метод.

Авторами проведены теоретические и экспериментальные исследования взаимосвязи электрофизических и механических свойств конструкционных сталей. Разработаны математические модели взаимосвязи электрофизических и механических свойств конструкционных сталей в процессе накопления повреждений. Разработан метод динамической идентификации уровня поврежденности и напряженно-деформированного состояния металла оборудования, основанный на анализе параметров передаточной функции системы «электромагнитно-акустический преобразователь – объект контроля».

УДК 621.316

## **ПОДАВЛЕНИЕ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

**ФАСХУТДИНОВ М.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ЗИМНЯКОВ С.А.**

Уровень сложности оборудования в сфере компьютерных технологий постоянно повышается. Поэтому системы обеспечения качества электроснабжения должны быть разработаны таким образом, чтобы они были способны справиться с широким спектром проблем, начиная от провалов, колебаний, выбросов напряжения, высокочастотных шумов, импульсных помех и заканчивая обеспечением электропитанием при полном отсутствии напряжения промышленной сети. Одну из таких проблем представля-

ют искажения формы напряжения, вызванные гармоническими составляющими тока, потребляемого нелинейной нагрузкой. Гармонические искажения и связанные с этим проблемы в электрических сетях становятся все более преобладающими в распределительных сетях.

Гармоники тока, создаваемые нелинейными нагрузками, могут представлять собой серьезные проблемы для систем электропитания. Гармонические составляющие представляют собой токи с частотами, кратными основной частоте источника питания. Высшие гармоники тока, накладываемые на основную гармонику, приводят к искажению формы тока. В свою очередь искажения тока влияют на форму напряжения в системе электропитания, вызывая недопустимые воздействия на нагрузки системы. Увеличение общего действующего значения тока при наличии высших гармонических в системе приводит к перегреву всего оборудования распределенной сети электропитания, снижению коэффициента мощности, снижению электрического и механического к.п.д. нагрузок, ухудшению характеристик защитных автоматов и завышению требуемой мощности автономных электроэнергетических установок. В своей работе я предлагаю рассмотреть возможные средства решения вышеперечисленных проблем.

УДК 621-32

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ**

ФАХРАЗИЕВ И.З., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

Традиционным источником света в офисных и промышленных масштабах является люминесцентная лампа с цоколем Т8.

Люминесцентная лампа обладает рядом недостатков, часть из которых: вредность и опасность для человека, шумы в процессе работы, низкая отдача световой энергии, малый срок службы.

Потребление электрической энергии светильника с установленными люминесцентными лампами складывается из потребления самих ламп и потребления электромеханических или электронных компонентов светильника. В среднем данная величина составляет 80 Вт/час для нового светильника и может достигнуть 105 Вт для светильника, срок эксплуатации ламп которого превышает полтора года.

Светоотдача стандартной ЛЛ составляет 900 лм. С учетом к.п.д. светильника общий световой поток составляет 2500–2700 лм, а срок службы люминесцентной лампы составляет в среднем полтора года.

С развитием светодиодной техники широкое распространение начинают получать светодиодные лампы с аналогичным цоколем Т8. Наличие стандартного цоколя позволяет устанавливать в светильники в замен люминесцентных ламп. Замена сопровождается незначительным изменением внутренней проводки светильника.

Преимущества светодиодных ламп: бесшумная работа, отсутствие мерцания, большой срок службы, высокая светоотдача, малое потребление электрической энергии.

Суммарное потребление светильника с установленным СЛ составляет 40 Вт/час. Аналогичный показатель у светильника с ЛЛ – 90 Вт. При этом суммарный световой поток светильника СЛ – 4000 лм, у светильника с ЛЛ – 2500–2700 лм.

В завершение сравнительного анализа можно сказать, что светильник с установленными светодиодными лампами в сравнении со светильником с люминесцентными лампами потребляет электроэнергию в 2–2,6 раза меньше, при этом его световой поток в 1,6 раз выше.

Обобщенной характеристикой является отношение суммарного светового потока к потребляемой мощности светильника (для светильника с ЛЛ: 27 лм/Вт, а для светильника со СЛ: 100 лм/ Вт). Соответственно светильник с установленными светодиодными лампами эффективнее в 3,7 раза.

УДК 621.316.1

## **ПРИМЕНЕНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6/10 КВ. АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

ФЛЯГИН П.С., (ф) ОАО «Сетевая компания» Набережночелнинские  
электрические сети (НчЭС), г. Набережные Челны  
Науч. рук. главный инженер БРЭС ГОРЯЧКИН О.В.

В НчЭС основным типом силовых кабелей являются КЛ с бумажной пропитанной изоляцией (КБПИ) напряжением 6 и 10 кВ. Все чаще стали использовать в сетях кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Применение СПЭ-кабеля, с одной стороны:

- снижает время монтажа за счет больших строительных длин, уменьшения количества соединительных муфт;
- снижает время аварийно-восстановительных работ;
- увеличивает пропускную способность за счет возможности применения кабелей с большим сечением;
- снижает экологические сборы при утилизации кабеля за счет отказа от кабеля с содержанием свинца, масла, битума;
- с другой:
  - требователен к режиму заземления нейтрали;
  - чувствителен к высокочастотным перенапряжениям;
  - чувствителен к технологическим дефектам на стадии изготовления СПЭ-кабеля (воздушные и инородные включения, микровыступы, неоднородность структуры СПЭ, внутренние (остаточные) механические напряжения в изоляции) и др.

Анализ эксплуатации СПЭ-кабеля показывает, что применение данного типа кабеля требует системного подхода по созданию условий эксплуатации данного кабеля на стадии сооружения новых и реконструкции старых существующих участков городских распределительных кабельных сетей.

УДК 621.311.001.57+621.317.1

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОСТОВОГО МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ**

ФОМЕНКО Н.А., СИЯЛОВ Н.В., ИГЭУ, г. Иваново  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СЛОВЕСНЫЙ С.А.

При нынешнем состоянии российской энергетики, когда большая часть силового оборудования эксплуатируется сверх своего нормативного срока службы, особенно актуальной становится проблема разработки эффективных методов оценки состояния высоковольтного оборудования. Эксплуатационная надежность силового оборудования, главным образом, зависит от состояния изоляции, поэтому оценке состояния изоляционных конструкций следует уделять особое внимание.

Существует множество методов испытания изоляции, однако самым информативным является электрический метод регистрации частичных разрядов. Частичные разряды (ЧР) – это искровые разряды в изоляции высоковольтного оборудования, которые, периодически повторяясь, приво-

дят к пробую изоляции. Своевременное их выявление позволяет предотвращать внезапные отказы оборудования.

Регистрация ЧР электрическим методом в условиях эксплуатации при наличии внешних помех возможна только с использованием мостовой схемы, требующей предварительной настройки. Настройка заключается в подборе величины сопротивлений измерительных и согласующих элементов. Подбор путем последовательной замены элементов схемы занимает много времени и не всегда позволяет получать оптимальный результат.

В данной работе выполнен предварительный расчет переходного процесса, моделирующего ЧР в изоляции, методом переменных состояния, по результатам которого осуществляется выбор варьируемых параметров схемы, необходимых для ее подготовки к испытаниям.

Выполнение предварительного расчета значений регулируемых элементов для заданной емкости объекта контроля значительно облегчает процедуру настройки и, что особенно актуально, дает дополнительную экономию времени на действующем объекте в условиях воздействия электромагнитных помех.

УДК 621.314

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРАНСФОРМАТОРА НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

ХАМИДУЛЛИН В.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

Целью исследования является анализ потерь электроэнергии в трансформаторе с учетом температуры окружающей среды.

При постоянной нагрузке и температуре окружающей среды возникает установившийся тепловой режим трансформатора, характеризующийся постоянной температурой трансформатора и отдельных его узлов. Практически он наступает через 7–18 ч после включения трансформатора под нагрузку. К этому времени наступает равновесное состояние: теплота, выделившаяся в трансформаторе за время  $\delta t$ , полностью передается его поверхностью окружающему воздуху, и превышение температуры трансформатора над температурой окружающего воздуха становится неизменным.

Полные потери мощности в трансформаторе  $P$  складываются из потерь короткого замыкания (КЗ)  $P_k$ , возрастающих пропорционально квадрату тока нагрузки, и потерь холостого хода (ХХ)  $P_0$ , примерно пропор-



циональных квадрату магнитной индукции в стали. Полные потери мощности в трансформаторе также прямо пропорциональны превышению температуры в установившемся режиме.

Для вычисления наименьших потерь в трансформаторе, необходимо вычисление следующих показателей:

- время установившегося режима;
- температура установившегося режима;
- потери электроэнергии в установившемся режиме.

УДК 621.315.6

### **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАСЛА НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНЫХ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ**

ХАМИДУЛЛИНА А.Ш., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГАРИФУЛЛИН М.Ш.

В последние годы применение альтернативных изоляционных жидкостей для трансформаторов становится актуальной темой, так как требование о высокой пожарной безопасности увеличивается. Натуральный эфир рассматривается как одна из возможных заменителей минерального масла.

Основными преимуществами натуральных эфирных масел перед минеральными маслами являются меньшая горючесть, более высокая температура воспламенения и биоразлагаемость.

Механизм деградации натуральных сложных эфиров существенно отличается от минеральных масел. В связи с этим необходимо провести эксперименты по окислению этих масел в лабораторных условиях и одновременно исследовать изменения их эксплуатационных характеристик. В результате проведенных работ будут сформулированы рекомендации по использованию новых диэлектрических масел.

УДК 537.24

### **К ВОПРОСУ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГРАНУЛ ПОЛИЭТИЛЕНА НА ОАО «КАЗАНЬОРГСИНТЕЗ»**

ХАННАНОВА Н.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

В настоящее время в производстве, связанном с изготовлением, обработкой и транспортированием сыпучих веществ (в частности, гранулированного полиэтилена высокого и низкого давлений – ПВД, ПНД), обла-

дающих низкой электропроводностью, эти вещества сильно электризуются, и при определенных условиях это создает угрозу возникновения взрыва и пожара по причине искрообразования за счет зарядов статического электричества.

Как известно, при пневмотранспортировке частица приобретает или отдает электрический заряд. Скапливающиеся заряды обуславливают появление на трубах высоких потенциалов. Таким образом, прикосновение к ним может сопровождаться электрическим ударом или искрением. При сильной электризации возможно развитие электрических разрядов вдоль поверхности труб в направлении заземленных деталей, а также пробой стенок труб. Особенно опасны разряды СЭ в помещениях, резервуарах и аппаратах, заполненных горючими смесями. Например, проведенные исследования по транспортировке гранул полиэтилена на ОАО «Казаньоргсинтез» показали значительные технологические отклонения, связанные с накоплением зарядов СЭ при наполнении «бункеров» ПНД и ПВД. Эксперты оценивают средние потери из-за негативных проявлений статической электризации в диапазоне 8–33 % для различных производств.

Поэтому проблемы защиты от СЭ и разработки новых или повышение эффективности существующих способов нейтрализации зарядов статического электричества для производителей с непрерывной технологией остаются весьма актуальными.

Целью данной работы является разработка комплексного метода прогнозирования статической электризации и разработка методов и средств нейтрализации СЭ повышенной эффективности применительно к непрерывному технологическому циклу.

В работе использованы в совокупности методы анализа и синтеза, моделирования и прогнозирования, наблюдения и экспериментальные исследования, а также метод классификации.

УДК 621.316

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА МАТЛАВ ДЛЯ РАСЧЕТОВ РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10 КВ**

ХУЗИЯХМЕТОВА Э.А., КАРКАЕВ Р.Б., ТУРАБИ А.М., ОРЛОВ В.И.,  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. АХМЕТШИН А.Р.

Matlab – программный пакет, включающий в себя вычисления, визуализацию и программирование в удобной среде. Matlab включает в себя математические вычисления, создание алгоритмов, моделирование, анализ данных, исследования и визуализацию, научную и инженерную графику.

Программа Simulink является приложением к пакету Matlab. При моделировании с использованием Simulink реализуется принцип визуального программирования, причем отличие от классических способов моделирования заключается в том, что пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний, требующихся при работе на компьютере и, естественно, знаний той предметной области, в которой он работает. Для расчетов режимов распределительных электрических сетей 6-10 кВ используется библиотека блоков SimPowerSystems, которая является одной из множества дополнительных библиотек Simulink, ориентированных на моделирование электротехнических устройств: источников энергии, электродвигателей, трансформаторов, линий электропередачи, силовой электроники и т.п. Имеется возможность рассчитать установившийся режим работы системы на переменном токе, выполнить расчет импеданса участка цепи, получить частотные характеристики, проанализировать устойчивость, а также выполнить гармонический анализ токов и напряжений.

Применение программного пакета Matlab позволит производить расчеты режимов распределительных электрических сетей 6-10 кВ с большой точностью. В работе произведены расчеты по обеспечению энергосбережения и повышению показателей качества электроэнергии в реальных распределительных электрических сетях 6-10 кВ с помощью программного пакета Matlab, в расчетах было предусмотрено дальнейшее увеличение потребляемой мощности.

УДК 621.313

## **РАЗРАБОТКА ДВУХКАНАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

**ХУСНУТДИНОВ Р.А., МАРДАНОВ Г.Д.,  
ХУСНУТДИНОВА А.Т., КГЭУ, г. Казань**

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ А.В.

С учетом общих требований к системам измерения частичных разрядов (ЧР) и проблематикой измерения сигналов ЧР в высоковольтных изоляторах, была разработана система компьютерной регистрации характеристик ЧР.

Система измерения ЧР сочетает в себе все достоинства современных многоканальных анализаторов, а именно: прямое детектирование амплитудно-фазовых характеристик (АФХ) ЧР, возможность построения АФХ,

возможность проведения длительных измерений в целях мониторинга состояния изолятора или испытуемой модели. Разработанная система измерения характеристик ЧР может быть применена для оперативного контроля и мониторинга состояния изоляторов в эксплуатации.

Сигналы ЧР регистрируются ультразвуковым датчиком, в качестве которого выбрана параболическая антенна ParaDish2 и приемник SDT270. Далее сигналы с выхода приемника поступают на вход платы АЦП NI PCI 6221М. Процесс записи исходного массива характеристик ЧР производится во внутреннюю память прибора, затем преобразуется в wav-формат. Затем из этого формата формируется исходный массив данных. После обработки исходного массива характеристики ЧР отображаются виртуальным прибором обработки данных.

Для приема сигналов с датчиков, обработки и представления результата в виде графических диаграмм, а также записи результатов измерения в виде файла в памяти компьютера используется среда разработки виртуальных приборов LabView как наиболее удобный инструмент для программирования трех основных составляющих эксперимента: сбора, анализа и представления результата.

УДК 62-799

## **НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

ЧЕЛЯКОВА Н.В., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БУРМУТАЕВ А.Е.

Периодически повторяющиеся частичные разряды вне зависимости от причины возникновения локального дефекта методично разрушают высоковольтную изоляцию, рано или поздно приводя к дуговому пробою всего изоляционного промежутка.

В целях точного обнаружения и локализации дефектов в изоляции применяется система диагностики, которая в своем составе должна иметь электрические и акустические датчики, промышленный компьютер для сбора и обработки информации, который работает в режиме автоматического мониторинга с непрерывным накоплением и записью информации.

Надежность систем мониторинга должна соответствовать ряду требований, таких как самодиагностика, автоматическое восстановление ра-

ботоспособности при несанкционированном отключении, взаимозаменяемость датчиков.

Для того что бы указанные требования выполнялись, необходимо гибкое конфигурирование входов для слежения за всеми параметрами разрядов на одном интегрированном приборе, непрерывная проверка внутренних схем, процессора и внешних датчиков на предмет надлежащего функционирования, проведение периодической проверки, отдельно от системы мониторинга, другими приборами измерения частичных разрядов для установки подлинности результатов.

УДК 621.313

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

ЧУРАГУЛОВ Д.Г., БУЛЯККУЛОВ А.М., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САМОРОДОВ А.В.

На предприятиях нефтегазовой отрасли доля машинных агрегатов составляет порядка 35 % всего оборудования, используемого для ведения технологических процессов. Соответственно, и основная доля отказов оборудования предприятий нефтегазовой отрасли приходится на машинные агрегаты. Их работоспособность во многом определяет надежность всего технологического комплекса. Лидером по повреждаемости среди машинных агрегатов нефтегазовой отрасли являются вентиляторное и насосно-компрессорное оборудование.

Для обеспечения необходимого уровня надежности машинных агрегатов необходимо использовать современные методы, средства и системы диагностики.

В последнее время широкое развитие получили методы диагностики состояния машинных агрегатов с электрическим приводом, основанные на мониторинге потребляемого тока с последующим спектральным анализом полученного сигнала.

В данной работе предлагается использование электромагнитного спектрального метода диагностики для оценки технического состояния машинных агрегатов по параметрам высших гармонических составляющих токов и напряжений, генерируемых двигателями электропривода. Метод оценки поврежденности элементов машинных агрегатов основан на мони-

торинге потребляемого тока и напряжения с последующим спектральным анализом полученного сигнала.

Наиболее приемлемым для оценки уровня поврежденности машинных агрегатов по значениям параметров генерируемых двигателем электропривода гармоник токов и напряжений является метод искусственных нейронных сетей (ИНС). Использование ИНС позволяет проводить диагностику с высокой точностью.

Для реализации предложенного метода диагностики разработан алгоритм идентификации технического состояния электродвигателя.

УДК 621.315

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНОСТИ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И В ВОЗДУШНЫХ СЕТЯХ**

**ШАНДРИКОВ И.С., КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин**  
Науч. рук. ст. преп. ТИТОВ Д.Е.

Аварии ВЛ в более чем 40 энергосистемах за последние 30 лет нанесли большой экономический ущерб. Гололед с ветром стал причиной до 37 % от общего числа падений железобетонных опор 35-110 кВ, а в линиях 330-750 кВ гололед в сочетании с ветром стал причиной до 12 % от общего числа обрывов проводов, до 42 % обрывов грозозащитных тросов и до 8 % обрывов гирлянд и разрушения изоляторов.

Разработан принципиально новый термодинамический способ мониторинга интенсивности гололедообразования, позволяющий определять момент начала образования отложений гололеда, вид отложений, максимально возможную массу отложений и интенсивность ее нарастания в реальном времени. Система мониторинга интенсивности гололедообразования (МИГ) универсальна, может быть применена на любом проводе, находящемся в воздухе. Она состоит из диспетчерского пункта и постов измерения и передачи. На посту должны быть установлены датчики направления и скорости ветра, температуры и влажности воздуха, температуры провода. Предложена новая конструкция датчика температуры провода открытого типа для снижения инерционности в измерении температуры датчиком, что может быть полезным при контроле плавки гололеда. Предложена методика технико-экономического обоснования эффективности внедрения систем обнаружения отложений.

Данная работа направлена на разработку новой концепции мониторинга воздушных линий электропередачи и электротяговых сетей в условиях экстремальных метеорологических воздействий на их элементы, обеспечивающей повышенную чувствительность к интенсивности гололедообразования.

Являюсь одним из авторов проекта.

Разработка использована в проекте внедрения на ВЛ–10 кВ № 13 ПС «ГНС–2» ПО КЭС филиала ОАО «МРСК Юга» »Волгоградэнерго» модуля измерения температуры провода в 2014 г.

УДК 628.041.728

## **СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ПОТЕРЯМИ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ**

ШИЯНОВ Н.В. НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. БУЛАТОВА В.М.

1. Первый способ основан на снижении сопротивления нулевого провода. Как известно ток течет по двум проводам: нулевому и фазному. Если увеличение сечения фазного провода достаточно затратное (стоимость меди или алюминия плюс работы по демонтажу и монтажу), то сопротивление нулевого провода можно уменьшить достаточно просто и очень дешево.

Этот способ использовался с момента прокладки первых линий электропередач. Заключается он в повторном заземлении нулевого провода на каждом столбе электролинии или (и) на каждой нагрузке. В этом случае параллельно сопротивлению нулевого провода подключается сопротивление земли между нулем трансформатора подстанции и нулем потребителя.

Если заземление сделано правильно, т.е. его сопротивление менее 8 Ом для однофазной сети и менее 4 Ом для трехфазной, то удастся существенно (до 50 %) снизить потери в линии.

2. Второй простейший способ тоже основан на снижении сопротивления. Только в этом случае необходимо проверять оба провода – ноль и фазу. В процессе эксплуатации воздушных линий из-за обрыва проводов образуются места локального повышения сопротивления – скрутки, сросстки и т.д. В процессе работы в этих местах происходит локальный разогрев и дальнейшая деградация провода, грозящая разрывом.

Такие места видны ночью из-за искрения и свечения. Необходимо периодически визуально проверять электролинию и заменять особо плохие ее отрезки или линию целиком.

3. Этот способ основан на применении специальных стабилизаторов напряжения на входе в дом или другой объект. Такие стабилизаторы бывают как однофазного, так и трехфазного типа. Они увеличивают  $\cos \varphi$  и обеспечивают стабилизацию напряжения на выходе в пределах  $\pm 5\%$ .

УДК 621.313

## МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ТРАНСФОРМАТОРА

ШАЙМАРДАНОВ Р.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ХУСНУТДИНОВ Р.Р.

Потери энергии – это потерянные финансовые средства; рост потерь – это тренд, ведущий к банкротству без всяких преувеличений. И наоборот, сокращение потерь энергии – это тренд, ведущий к росту благосостояния. А сокращения потерь электроэнергии можно добиться революционным изменением конструкции трансформатора и материалов. Коэффициент полезного действия силового трансформатора  $\eta$  выражается известной формулой:

$$\eta = 1 - (\beta^2 P_k + P_x) / (\beta S_{ном} \cos \varphi^2 + \beta^2 P_k + P_x).$$

Передаваемая во вторичную цепь мощность будет увеличиваться, если:

1. Коэффициент нагрузки  $\beta$  будет оптимальным.
2. Мощность потерь  $P_x$  будет уменьшаться.
3. Мощность потерь  $P_k$  будет уменьшаться.

1. Оптимальный коэффициент нагрузки – это прежде всего отсутствие колебаний напряжений в сети, как в первичной, так и во вторичной. Высокий коэффициент мощности – это компенсация реактивной мощности. Т.е. очевидной является необходимость «умной сети» (SmartGrid).

2. Уменьшение мощности потерь холостого хода  $P_x$  связано с изменением конструкции и материала магнитопровода. Наиболее перспективный путь снижения затрат на производство и эксплуатацию силовых распределительных трансформаторов – это применение магнитопроводов из аморфных сплавов.

3. Уменьшение мощности потерь короткого замыкания  $P_k$  – это инновации в конструкции обмоток силового трансформатора (DryFormer).



УДК 621.313.84

## РАСЧЕТ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЯХ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

ЯКУПОВ А.М, БЕКУЗИН В.И., ДУРАКОВА В.С., УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. ВАВИЛОВ В.Е.

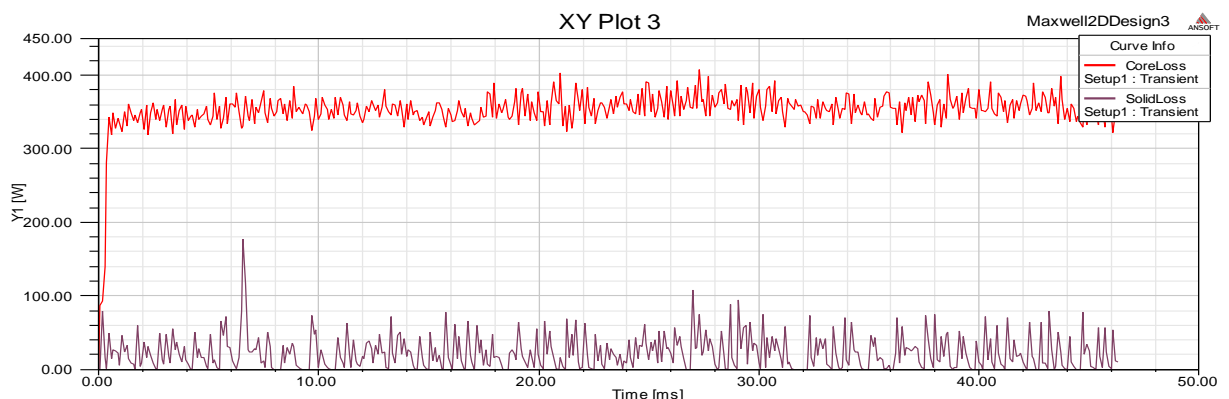
С целью повышения к.п.д. электромеханических преобразователей энергии стараются минимизировать количество энергии, израсходованное на различного рода потери. Особое внимание уделяют потерям в стали. Существует ряд методик определения потерь в стали. Рассмотрим одну из них и сопоставим с результатами расчета программной модели в Ansoft Maxwell. Методика описана в работе [Труды Одесского политехнического университета, 2010 вып. 1(33) – 2(34)] .

Рассмотрим магнитоэлектрический генератор мощностью 120 кВт при частоте сети 2000 Гц и 60000 об/мин. Опустив математические вычисления, получаем потери на вихревые токи, гистерезис и суммарные потери в стали.

$$P_{вих} = 330 \text{ Вт} , \quad P_{гс} = 80,12 \text{ Вт} , \quad P_{ст} = P_{вих} + P_{гс} =$$

$$= 330 + 80,12 = 410,12 \text{ Вт}$$

Рассмотрим функцию потерь в стали и на гистерезис от времени (рис.).



Функция потерь в стали (CoreLoss), гистерезис (SolidLoss) от времени

Из рис. видно, что потери в стали достигают 400 Вт, т.е. погрешность с расчетом составляет 3 %, что позволяет применять данный подход на предварительном этапе проектирования магнитоэлектрических генераторов.

**СЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГОРОДСКОГО  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
И АВТОМАТИКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА,  
СВЕТОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ**

УДК 621.3.027

**ДИАГНОСТИКА ПОЛИМЕРНОГО ИЗОЛЯТОРА  
ПРИ РАЗВИТИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

АВЕРИН А.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЗАРИПОВ Д.К.

Появление загрязнений на полимерных изоляторах вызывает локальный нагрев и интенсивные поверхностные частичные разряды. Целью данной работы являлось исследование загрязненного изолятора в пограничном состоянии перед пробоем.

Для изучения характера проявления развитых дефектов были проведены исследования с использованием полимерного изолятора ЛК 70/35. Для проведения экспериментов изолятор искусственно загрязнили. На изолятор подавалось переменное напряжение действующим значением от 0 до 80 кВ и частотой 50 Гц. Наблюдение за состоянием изолятора при повышении переменного напряжения на нем осуществлялось с помощью теплотелевизионного прибора EasIR-0 и ультразвуковой дефектоскоп УД-8В.

Исследования показали существенную разницу в проявлении диагностических признаков (температура, частичные разряды) загрязненного и чистого изоляторов.

УДК 628.9

**УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ  
ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛАМП**

АЙХАЙТИ ИСЫХАКЭФУ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. ТУКШАИТОВ Р.Х.

Большинство производителей различных видов светильников в технических паспортах указывают такой параметр как цветовая температура, который является одной из основных характеристик светодиодных светильников и ламп. Для ее измерения применяются специальные приборы – спектроколориметры, которые стоят достаточно дорого, громоздки и тре-

буют много времени на измерение. Это побудило разработать устройство и методику, пригодную для оперативного определения цветовой температуры светодиодных ламп с достаточной точностью.

Для определения цветовой температуры ( $T_{\text{цв}}$ ) люминесцентных и светодиодных ламп изготовлен лабораторный стенд, представляющий собою линейку цветových температур в диапазоне 2700–6400 К. Она содержит 10 ламп мощностью 11 Вт с цветовой температурой от 2700 до 6400 К, которые по потребности испытателя могут включаться как одновременно, так и последовательно в желаемом сочетании. Устройство позволяет путем сравнения цветových температур испытуемой и контрольной ламп определить величину цветовой температуры контролируемой лампы.

Для повышения точности оценки  $T_{\text{цв}}$  в последующем контролирующую лампу устанавливали в патрон в зоне ламп, имеющих близкую цветовую температуру. Затем положение лампы дополнительно уточнялось. Окончательное определение  $T_{\text{цв}}$  осуществляли по ее значению наиболее близкой контрольной лампы.

Точность определения несколько повышается при размещении на линейке по две контрольные лампы одинаковой цветовой температуры. Комплекс методических приемов позволяют оценить цветовую температуру с погрешностью не более 200 К. Время определения цветовой температуры ламп в зависимости от требуемой точности и соответственно способа измерения составляет от 0,5 до 3 минут.

УДК 628.95

## **АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЙТИНГА СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ И ЛАМП**

АЙХАЙТИ ИСЫХАКЭФУ, ВАФИНА С.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. ТУКШАИТОВ Р.Х.

В работе проведен анализ ряда методик определения рейтинга светодиодных светильников и ламп, использованных в публикациях журнала «Современная светотехника» в 2011–2013 гг.

В итоге установлено, что оценка значимости каждого параметра светильников осуществляется по 5, 7 и 11 балльным шкалам. Кроме того, суммарное значение баллов приводится с учетом разного количества оцениваемых параметров. Небольшое различие по баллам между хорошими и плохими светильниками свидетельствует о низкой чувствительности методик или о низкой разрешающей их способности.

Отсутствие единой отработанной методики определения рейтинга светильников делает невозможным проведение систематизации результатов разных публикаций и более детального их анализа.

Для определения погрешности, допускаемой при оценке значимости каждого параметра, строились графики зависимости баллов от величины параметра, которые позволили выявить значительное отклонение баллов от реальных значений кривых аппроксимации. Так, у одного из светильников баллы светового потока были занижены на 50 %, коэффициента мощности – на 30 %, а цветовой температуры – на 10 %. Следует отметить, что занижение суммарного балла всего на 4 балла ведет к тому, что светильник по рейтингу с первого места может переместиться на четвертое.

Для дополнительного доказательства несовершенства и малоприменимости используемых методик дальнейшая оценка качества этих светильников проведена на основе применения нами разработанного коэффициента технико-экономической эффективности, используемого на первом этапе многоэтапной методики контроля качества светильников. При этом установлено, что ряд светильников, ранее относимых к «плохим», являются хорошими, а хорошие светильники сместились с 1–2 места на 16–17.

Таким образом, установлено несовершенство ранее применяемой балльной системы и необходимость разработки новой методики оценки качества светодиодных светильников и ламп.

УДК 621.313.333

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА РАДИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЗУБЕЦ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

АЛЕЙНИКОВ А.В., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГОЛУБЕВ А.Н.;

д-р техн. наук, проф. МАРТЫНОВ В.А.

Ускоренное развитие техники и технологий диктует ужесточение требований к технико-экономическим показателям современных электроприводов. Одним из таких требований является улучшение его виброшумовых характеристик. Однако традиционные методы исследования двух- и трехфазных систем базируются на достаточно грубых допущениях и не адекватны возможностям современной вычислительной техники. Это делает актуальным создание метода исследования электропривода, обеспечивающего решение задач анализа и синтеза на основе использования по-

левых моделей. Исследования показывают, что радиальная составляющая электромагнитной силы определяет основной уровень магнитных шумов.

Радиальная сила  $F_r$ , действующая на зубец в сторону зазора, зависит от квадрата магнитного потока (1):

$$F_r = \frac{\Phi_Z^2}{2\mu_0 S_Z}, \quad (1)$$

где  $\Phi_Z$  – радиальный магнитный поток, наконечник зубца.

Для нахождения магнитного потока необходимо суммировать абсолютные значения магнитных потоков, протекающих через наконечник зубца в разных направлениях (2).

$$\Phi_Z = \left| \Phi_{ПМ+} + \Phi_{ЗК} \frac{S_{Z+}}{S_Z} \right| + \left| \Phi_{ПМ-} - \Phi_{ЗК} \frac{S_{Z-}}{S_Z} \right|, \quad (2)$$

где  $\Phi_{ПМ+}$  и  $\Phi_{ПМ-}$  – части магнитного потока, обусловленного действием постоянного магнита от южного (+) и северного (-) полюсов;  $S_Z$  – площадь наконечника зубца;  $S_{Z+}$  и  $S_{Z-}$  – площади зубца, соответствующие потокам  $\Phi_{ПМ+}$  и  $\Phi_{ПМ-}$ .

Определив заранее методом конечных элементов зависимости  $\Phi_{ПМ+}$ ,  $\Phi_{ПМ-}$ ,  $S_{Z+}$ ,  $S_{Z-}$  от угла поворота ротора, возможно в реальном времени вычислять радиальные силы, действующие на зубец машины с учетом реальной геометрии машины, а также насыщения магнитной цепи.

УДК 621.3.027

## ДИАГНОСТИКА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИЗОЛЯТОРА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

АЛЕХИН Г.Е., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЗАРИПОВ Д.К.

Загрязнение поверхности изоляторов влияет на проявление дефекта в изоляции, который обнаруживается по локальному нагреву в области дефекта и интенсивным поверхностным частичным разрядам. Целью данной работы является исследование признаков дефекта изолятора при сильном загрязнении.

Для изучения характера проявления дефектов были проведены исследования с использованием опорного и подвешного полимерного изоляторов. Изоляторы с дефектами и без искусственно загрязнялись.

На изолятор подавалось переменное напряжение действующим значением от 0 до 80 кВ и частотой 50 Гц. Наблюдение за состоянием изолятора при повышении переменного напряжения на нем осуществлялось с помощью тепловизионного прибора EasIR-0 и ультразвуковой дефектоскоп УД-8В.

Исследования показали, что признаки наличия дефекта изоляции сильнее проявляются при наличии загрязнения поверхности.

УДК 621.315

## **ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

АЛЬМИЕВА Д.С., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

При эксплуатации асинхронных двигателей может возникнуть несимметрия питающих напряжений из-за несимметрии нагрузки сети по фазам или из-за аварийных ситуаций. Возникающее поле обратной последовательности оказывает тепловое действие на ЭД, которое обусловлено дополнительными потерями в роторе. Стандартом на качество электроэнергии установлено допустимое значение напряжения обратной последовательности в продолжительном режиме не более 2 %. В общем случае несимметричной нагрузки связь между током обратной последовательности  $I_2$  и разностью между максимальным и минимальным значениями токов в фазах  $\Delta I$  зависит от начальных фаз напряжений прямой и обратной последовательностей и соотношений между сопротивлениями ЭД для прямой  $Z_1$  и обратной  $Z_2$  последовательностей.

Исследования показали, что появление даже небольшой несимметрии питающего напряжения приводит к значительным неравенствам в токах ЭД, что следует учитывать при выборе уставок релейной защиты и анализе способов защиты от несимметричного режима ЭД. Исследования показали, что при коэффициенте несимметрии  $K_n$  меньше 2 %, по обмоткам статора протекают токи обратной последовательности порядка 11–15 % номинального значения. При этом неравенство токов в фазах может превысить 20 % номинального тока статора. Таким образом, незначительный перекося фаз может привести к ощутимым последствиям – нагреву ЭД.

УДК 62-83

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОАО «КАЗАНСКИЙ ЖИРОВОЙ КОМБИНАТ»

АНИКИН В.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МУХАМЕТГАЛЕЕВ Т.Х.

В работе рассматриваются вопросы экономической эффективности внедрения частотно-регулируемого электропривода на питательные насосы, осуществляющие подачу воды в котел.

Переход от нерегулируемого асинхронного электропривода к частотно-регулируемому позволяет существенно экономить электроэнергию. При питании электродвигателя от сети 50 Гц число оборотов будет максимальным и неизменным. Преобразователь частоты позволяет изменять число оборотов двигателя в соответствии с технологическими требованиями путем изменения частоты питающей сети. Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса ведет к изменению его рабочих характеристик:

- расход пропорционален числу оборотов;
- давление пропорционально квадрату числа оборотов;
- потребляемая мощность пропорциональна кубу числа оборотов.

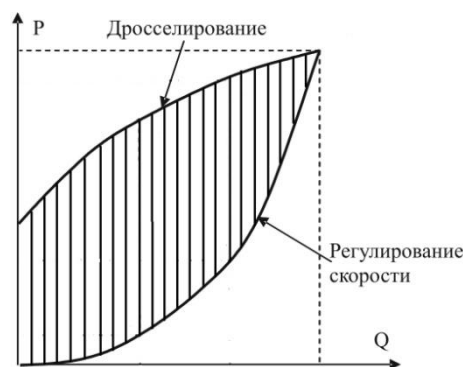


Рис. 1. Зависимость потребляемой мощности от расхода

На рис. 1 заштрихована экономия мощности при использовании частотно-регулируемого электропривода взамен дросселирования.

В ходе работы был произведен расчет энергопотребления при регулировании расхода с помощью преобразователя частоты. Определена разница в энергопотреблении между способом регулирования путем дросселирования и путем плавного изменения частоты вращения электродвигателя.

УДК 621.315.06

## **ПРИМЕНЕНИЕ LABVIEW ДЛЯ ОТЛАДКИ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ**

АХМЕТГАЛИЕВ Л.Ф., ГИБАДУЛЛИН А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. АХМЕТВАЛЕЕВА Л.В.

Проектирование, программирование, создание встраиваемых систем управления на основе современных микроконтроллеров требует наличие большого опыта и значительного задела практической работы с ними. Встраиваемая система должна работать в реальном масштабе времени, что подразумевает выполнение необходимых вычислений за строго определенные интервалы времени. Поэтому организация работы встраиваемых систем в реальном времени является одной из основных проблем проектирования. Эффективность функционирования таких систем определяется оптимальным выбором компонентов, встроенных средств используемых микроконтроллеров, а также методов и способов их программирования. К компонентам, формируемым временные функции во встраиваемых системах, относятся процессоры событий или модули таймеров/счетчиков, которые обеспечивают прием и выдачи управляющих сигналов в заданные моменты времени.

Объект исследования – лабораторный стенд ЛС1 на основе микроконтроллера MC68HC908GP32 фирмы Motorola. Также в состав ЛС1 входит цифровой 16 разрядный порт для передачи цифрового сигнала на основной модуль программного комплекса. При передаче информации через ЛС1 на входе комплекса формируется сигнал, который необходимо считать. Далее через последовательную шину RS-232 передать на экран компьютера информацию и вывести ее в среду LabView. В LabView проверить корректность работы программного комплекса и попытаться обратно подать сигнал на ЛС1 для воспроизведения информации.

Как показали исследования, предлагаемые программно-аппаратные средства обеспечивают как виртуальное, так и реальное проектирование, тестирование встроенных модулей таймера/счетчика и процессора событий микропроцессорных устройств и приложений, а также создание новых библиотек аппаратного и программного обеспечения архитектурных возможностей, приема, передачи, обработки данных и обслуживания периферийных устройств изучаемого микроконтроллера.



УДК 621.314

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ**

АХТЯМОВ И.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЦВЕТКОВ А.Н.

Автоматизированная система (АС) – система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций. Главной целью ее создания является категоризация и стандартизация автоматизируемого процесса, что позволяет обеспечить стабильность работы системы, прозрачность ее контроля и анализа слабых мест.

Связь между трансформаторными подстанциями и диспетчерским пунктом осуществляется за счет открытой промышленной сети. Она позволяет объединять разрозненные устройства автоматизации в единую систему на уровне датчиков и приводов. Одной из таких сетей является PROFIBUS, построенная в соответствии с многоуровневой моделью ISO 7498-OSI. PROFIBUS определяет следующие уровни:

- физический уровень – отвечает за характеристики физической передачи;
- канальный уровень – определяет протокол доступа к шине;
- уровень приложений – отвечает за прикладные функции.

Автоматическое управление должно выполнять следующие функции: регулирование напряжения на шинах подстанции посредством изменения коэффициентов трансформации трансформаторов, включение и отключение конденсаторов, оперативные переключения по заданной программе, блокировка разъединителей, синхронизация, отключение одного из параллельно работающих трансформаторов для уменьшения суммарных потерь электроэнергии в режиме малых нагрузок, автоматизация считывания показателей счетчиков электроэнергии.

УДК 621.315.1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ**

АЛЬМЕЕВА А.А., ДЕНИСОВ Д.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДЕНИСОВА А.Р.

Результаты измерений, выполненных рядом организаций, показывают, что даже при экранировании кабельных линий (КЛ), значительно сни-

жающего степень воздействия внешнего электромагнитного поля (ЭМ) поля, амплитуды наведенных напряжений в жилах КЛ таковы, что с ними приходится считаться, когда идет речь, например, о вопросах качества электрической энергии.

Таким образом, возникает необходимость оценивать степень воздействия внешних ЭМ полей, а также наводимых ими в экранах и жилах кабеля напряжений и токов на полезный сигнал в линии, а следовательно, на показатели качества электрической энергии – для силовых (питающих) КЛ и вторичных цепей, и достоверность передаваемой информации (управляющих сигналов) – для КЛ систем управления электротехническими объектами и систем связи.

Подобные исследования важны также потому, что в настоящее время возрастают требования к качеству электроэнергии, что обусловлено нормами ГОСТ 13109-97. За несоблюдение норм качества электроэнергии предусмотрены различного рода экономические санкции и штрафы. Поэтому и потребитель, и система заинтересованы в осуществлении мероприятий по снижению высших гармонических составляющих, отклонения напряжения и в целом улучшения качества электрической энергии.

Необходимость в результатах исследований проблемы внешних ЭМ воздействий существует как на стадиях конструирования, проектирования, монтажа и эксплуатации электротехнических систем и комплексов, так и при их реконструкции. Учет электромагнитной совместимости силовых, вторичных и информационных КЛ с другими элементами рассматриваемой электротехнической системы позволяет предупредить неблагоприятные воздействия внешних ЭМ источников.

Еще одной из актуальных задач при оценке изменений параметров электротехнических систем, происходящих в результате воздействия ЭМ поля на КЛ, является изучение особенностей распространения наведенного внешним ЭМ полем сигнала вдоль линии в зависимости от характера присоединенной к ней нагрузки, включая вопросы модуляции, нарушения синусоидальности, генерации высших гармоник и т.д.

УДК 658.392

## **МОЛНИЯ И МОЛНИЕЗАЩИТА**

АЛЬ-МУЗАЙКЕР М.А, ИБРАГИМ А.Х., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЮСКЕВИЧ О.И.

Молния – гигантский электрический искровой разряд в атмосфере, обычно происходит во время грозы, проявляющийся яркой вспышкой све-

та и сопровождающим ее громом. По виду молнии различаются на линейные, внутриоблачные, наземные, жемчужные и шаровые.

Последствия удара молнии могут быть самыми необратимыми – от выхода из строя электрических приборов до пожара и унесенных жизней. В самых опасных случаях вред от разряда может охватить не только зону попадания, но и распространиться на территорию площадью в несколько километров.

Но в настоящее время достижения науки и техники позволяют решить задачу защиты строений. Для этой цели разрабатывается проект молниезащиты зданий и сооружений. Он, как правило, состоит из нескольких действий – само проектирование молниезащиты (грозозащита), изготовление и монтаж молние- или грозозащиты, которое и позволяет сохранить безопасность дома и его жильцов.

В основе создания молниезащиты лежат принципы возможности изменения траекторий молний, для которых изобретать особенно что-то сложное не требуется, так как давно уже используются цепи – молниеприемник, токоотвод и заземлитель, которые при видимой простоте конструктивного исполнения способны очень эффективно отводить удары молний от объектов и перенаправлять их в землю. Единственной особенностью их использования являются типы кровельных материалов (металл-профиль, натуральная или битумная черепица, металлочерепица и т.д.), которые и определяют необходимость того или иного вида молниезащиты.

УДК 621.311

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш., АСТАШЕВ Д.С., НГТУ, г. Нижний Новгород  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. СОСНИНА Е.Н.

Создание распределительных электрических сетей среднего и низкого напряжения с автоматизированными узлами нагрузки и возможностью подключения автономных генераторов требует разработки трансформаторных подстанций (ТП) 10-20/0,4 кВ нового поколения, позволяющих под нагрузкой регулировать напряжение, а также величину и направление мощности при работе автономных генераторов на шины 0,4 кВ ТП.

Нижегородским техническим университетом им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) разработана цифровая ТП (ЦТП) напряжением 10/0,4 кВ с актив-

но-адаптивной системой управления. Силовая часть ЦТП представляет собой силовой трансформатор сухого исполнения с устройством автоматического регулирования напряжения под нагрузкой (АРПН) – блоком тиристоров для бесконтактного переключения регулировочных отводов трансформатора. АРПН позволяет реализовать как дискретное, так и импульсно-фазовое регулирование напряжения. Широкое внедрение разработанной ЦТП в системы электроснабжения (СЭС) потребителей требует проведения целого комплекса исследований. При этом важными задачами являются исследование энергоэффективных режимов работы ЦТП в составе СЭС и исследование ее электромагнитной совместимости. Решение поставленных задач осуществлялось путем разработки виртуальных *Simulink*-моделей СЭС с ЦТП (силовой частью).

Результаты исследования возможных режимов работы ЦТП (раздельной и параллельной работы трансформаторов, с автономным источником энергии, подключенным к шинам 0,4 кВ ЦТП и др.) были учтены при проектировании СЭС НГТУ в составе с опытным образцом ЦТП. Исследование влияния импульсно-фазового регулирования напряжения на СЭС позволило сделать вывод о допустимости высших гармоник тока и напряжения.

Тематика проводимых исследований соответствует направлению «Разработка оборудования для интеллектуальных систем энергоснабжения» стратегической программы технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России».

УДК 544.774

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНДУКТОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ПРИ НАЛИЧИИ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

БЕНЕВОЛЕНСКАЯ Н.Н., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, проф. ЗУЕВА О.С.

Микроэмульсии представляют собой высокоорганизованные, термодинамически стабильные, макроскопически гомогенные и оптически прозрачные дисперсии воды в масле или масла в воде, стабилизированные молекулами ПАВ. В равновесном состоянии при невысоких температурах электропроводность микроэмульсий типа вода – масло мала, поскольку обусловлена переносом ионов, содержащихся в водном ядре обращенных

мицелл при обмене содержимым между соседними микрокаплями. С ростом температуры число соударений растёт, что приводит к изменениям структурных и динамических свойств микроэмульсий за счет образования динамических кластеров из мицелл. При кластеризации электропроводность возрастает на несколько порядков по величине за счет образования водных «каналов» и повышения эффективности обмена каплями своим содержимым. Это явление носит название электрической перколяции и характеризуется температурой перколяционного перехода  $T_p$ .

В данной работе была изучена электрическая проводимость в микроэмульсиях вода – масло, представляющих собой дисперсию водных микрокапель, стабилизированную монослоем натриевой соли сульфоянтарной кислоты (АОТ) в декане как в отсутствие, так и при наличии многослойных углеродных нанотрубок углеродного наноматериала «Таунит». Концентрация АОТ ( $C_{АОТ}$ ) составляла 0,2 М, молярное отношение воды к ПАВ ( $W_0$ ) – 20. Электропроводность исследовалась с использованием кондуктометра ОК102/1 RADELKIS (Венгрия).

В результате исследования температурной зависимости электропроводности микроэмульсий найдены значения удельной электрической проводимости как микроэмульсий, не содержащих углеродных нанотрубок, так и суспензий углеродных нанотрубок в микроэмульсиях. Выявлено значительное расхождение характера электрической проводимости обеих рассматриваемых систем. Обсуждены возможные причины такого поведения.

УДК 621.313

## СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

БЕРЁЗОВ Н.А., МАКАРОВ А.В., КНИТУ-КАИ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. АФАНАСЬЕВ А.Ю.

Доклад посвящен синхронным исполнительным двигателям с возбуждением от постоянных магнитов и высоким моментом.

На рис. 1 показано продольное сечение синхронного электродвигателя с магнитной редукцией. Здесь 1 – корпус; 2, 3 – подшипниковые щиты; 4, 5 – кольца пакета статора; 6 – зубец; 7 – обмотка; 8 – постоянные магниты; 9 – втулка ротора быстрого вращения; 10 – диски статора; 11 – втулка статора; 12 – диски ротора медленного вращения; 13 – втулка ротора медленного вращения; 14 – вал быстрого вращения; 15 – вал медленного вращения; 16–19 – подшипники; 20 – втулка подшипников.

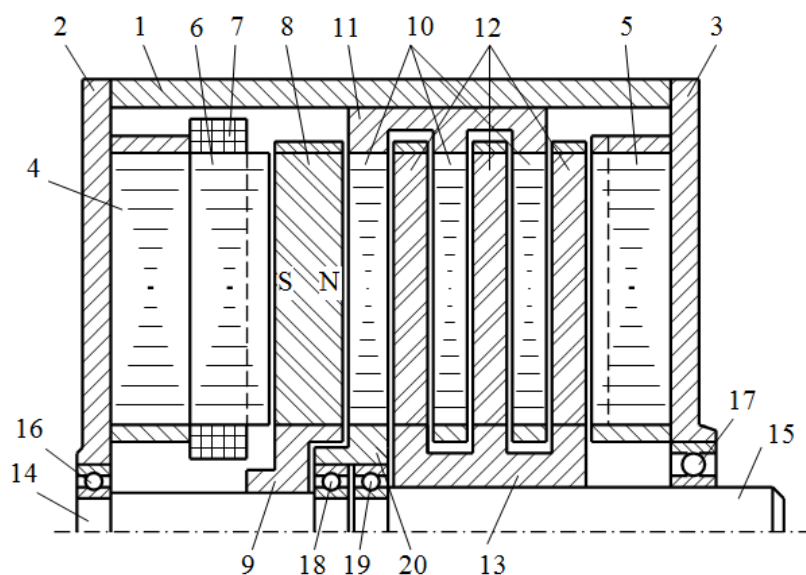


Рис. 1. Продольное сечение электродвигателя

Диски статора имеют чередующиеся сектора из ферромагнитного и немагнитного материалов. Числа секторов дисков статора и ротора на полюс отличаются на единицу. За счет выполнения дисков ротора медленно вращения из постоянных магнитов с аксиально намагниченными чередующимися секторами достигается технологичность конструкции, большая скорость вращения, увеличивается момент на выходном валу.

Предлагаемый электродвигатель может быть использован в качестве компактного агрегата «двигатель-редуктор» в механических системах с большим ресурсом работы при ударных нагрузках, например, в качестве мотора-колеса экологически чистых автомобилей.

УДК 621.3.014.4

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ВЫРАБОТКИ СВАРЩИКА

БОГДАНОВ А.И., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МАРКОВ М.Г.

Данная работа посвящена созданию аппаратных и программных средств, используемых в сварочной электротехнической системе для учета выработки сварщика. Учет основан на интегрировании тока или мощности сварочной дуги, которые связаны с количеством расплавленного металла электрода, объемом металла шва и с выработкой. В работе рассматривается возможность получения статистических данных о выработке сварочных постов предприятия, автоматизации в составлении отчетов по данному ви-

ду работ. Эти отчеты можно наглядно увидеть в виде табличных данных или графика выработки за любой период работы данной системы. Большое внимание уделено интерфейсу программы в ПК, он позволяет увидеть показатели работы множества (в данной версии до 20) сварочных постов одновременно.

Упрощенная функциональная схема системы сбора данных показана на рис. 1. На каждом из рабочих постов устанавливаются микроконтроллер, шунт и делитель напряжения, которые преобразовывают сигнал в приемлемый для аналого-цифрового преобразователя, встроенного в микроконтроллер.

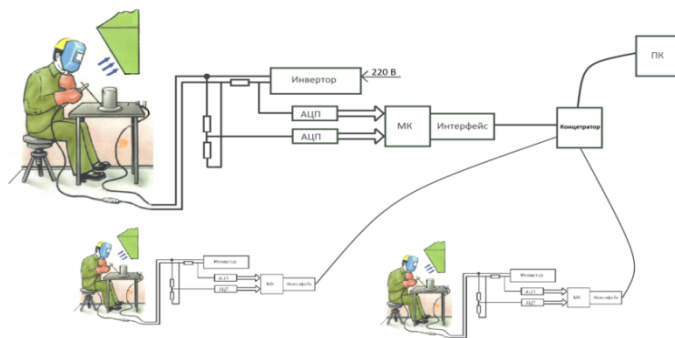


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема системы сбора данных

Микроконтроллер определяет горение дуги, ориентируясь по напряжению. И с периодичностью в несколько раз в секунду посылает сигнал (результаты накопления интеграла тока и мощности) непосредственно на персональный компьютер (ПК) либо, при наличии большого количества постов, через концентратор. В персональном компьютере данные обрабатываются, записываются и визуализируются.

УДК 621.3

## МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ АКТИВНЫМИ ФИЛЬТРАМИ ГАРМОНИК

БОРТНИК Д.В., МарГУ, г. Йошкар-Ола  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ОРЛОВ А.И.

Повсеместно применяемые устройства силовой электроники имеют нелинейные нагрузочные характеристики и вызывают проблемы качества электрической энергии, приводящие к значительным экономическим потерям. Современным решением проблемы качества электрической энергии является применение распределенных «гибких» систем передачи электри-

ческой энергии переменного тока (D-FACTS) в электрических сетях среднего и высокого напряжения. К основным элементам этих систем относятся статические параллельные, последовательные и комбинированные компенсаторы. В низковольтных распределительных сетях большинство проблем качества могут быть решены применением параллельных активных фильтров гармоник, которые значительно превосходят традиционно-применяемые пассивные фильтрокомпенсирующие устройства по производительности, функциональным возможностям, однако конструктивно проще и дешевле UPFC-компенсаторов. В работе приводится сравнительный анализ методов управления трехфазными параллельными активными фильтрами гармоник для трех и четырехпроводных низковольтных распределительных сетей. Рассматриваются частотные и временные методы управления с точки зрения применяемых алгоритмов управления, функциональных возможностей, технического исполнения и производительности. В зависимости от используемых методов управления параллельные активные фильтры могут обеспечивать синусоидальный ток в линии, постоянную активную мощность при любой величине и характере реактивной мощности, минимальное среднеквадратичное значение тока, обеспечивающее минимальные потери на передачу электрической энергии. Обосновывается преимущество временных методов, основанных на использовании контроллеров синхронной системы отсчета (SRF) и теории мгновенной реактивной мощности (IRPT). Приводятся результаты математического моделирования.

Работа поддержана грантом по программе «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

УДК 544.774

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ САМОДИФФУЗИИ  
МОЛЕКУЛ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТОВ НАТРИЯ И ЛИТИЯ  
ПРИ НАЛИЧИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК МЕТОДОМ  
ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА**

БОРОВСКАЯ А.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, проф. ЗУЕВА О.С.

В водных мицеллярных растворах ионных поверхностно-активных веществ (ПАВ) путем изменения концентрации ПАВ, природы противоионов и добавления наночастиц можно направленно изменять свойства межфазной поверхности, модифицируя тем самым межмицеллярные взаимо-



действия и морфологию мицелл. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) используется в качестве одного из основных методов изучения процессов, происходящих в многокомпонентных системах. В частности, исследование коэффициентов ЯМР-самодиффузии позволяет изучить процессы мицеллообразования и определить размеры и форму образующихся мицелл.

Диспергирование углеродных нанотрубок с помощью поверхностно-активных веществ, используемое для создания их однородных суспензий, обладает своими особенностями. В данной работе методом протонного ЯМР исследованы суспензии многослойных углеродных нанотрубок углеродного наноструктурного материала «Таунит» в растворах наиболее часто используемого ПАВ – додецилсульфата натрия и аналогичного ПАВ, но отличающегося природой противоиона – додецилсульфата лития в дейтерированной воде (Deuteriumoxid 99,9 %) при температуре  $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Необходимость использования именно дейтерированной воды диктуется возможностью устранения наиболее сильного вклада в сигнал, поступающего от протонов обычной воды. Для измерения коэффициентов диффузии использована импульсная последовательность «стимулированное эхо» с биполярными градиентами.

Сформированы массивы экспериментальных данных по ЯМР-самодиффузии для макроионов ПАВ и молекул воды. Исследована разница коэффициента самодиффузии молекул в растворах обоих исследованных ПАВ как в отсутствие, так и при наличии углеродных нанотрубок. Использование уравнения Эйнштейна-Стокса позволило оценить радиус мицеллярных частиц. Изучены возможные варианты взаимодействия молекул ПАВ с поверхностью углеродных нанотрубок и обсуждена кинетика молекул в рассматриваемых суспензиях. Полученные результаты и системы будут использованы для приготовления наиболее подходящих сред для диспергирования углеродных нанотрубок.

УДК 621.314

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ DC-AC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

ВАЛЕЕВ Б.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УЛАНОВ В.А.

В данной работе рассматриваются транзисторные преобразователи постоянного напряжения в переменное, обычно называемые инверторами

или DC-AC-преобразователями. Выполнено подробное рассмотрение различных классов инверторов (как однофазных, так и многофазных), принципов получения выходного синусоидального напряжения и способов регулирования уровня выходного напряжения. Показано, что к.п.д. преобразователя в наибольшей степени зависит от характеристик электронных ключей. Установлено, что наибольшее тепловое рассеяние на электронных ключах происходит в те промежутки времени, когда ключ находится в промежуточном положении. Поэтому очень важным является такая организация процесса переключения, при которой он переходит из одного крайнего положения в другое в наикратчайшее время и без «биений». Для этого при конструировании инвертора очень важно грамотное проведение расчетов цепей силового трансформатора, первичные обмотки которого подключены последовательно с ключевыми транзисторами. Было показано, что к.п.д. инвертора сильно зависит также от характеристик нагрузки. Поскольку подключение к инвертору нелинейных нагрузок существенно снижает коэффициент мощности, он должен быть снабжен устройствами коррекции коэффициента мощности. Эффективной является активная коррекция коэффициента мощности, которая должна осуществляться как в низкочастотной области спектра выходного напряжения, так и в высокочастотной области. В корректоре для низкочастотной области мы использовали схему корректора коэффициента мощности (ККМ), рассчитанную на частоту 100 Гц. Принцип работы заключается в следующем. При положительной полуволне в момент перехода напряжения через ноль открывается на (1–2 мс) транзистор, подающий добавочный ток на обмотку специального дросселя. При выключении этого транзистора энергия, накопленная в дросселе, передается в конденсатор фильтра и нагрузку. То же реализуется при отрицательной полуволне выходного напряжения. Такие же процессы организованы для подавления высших гармоник.

УДК 621.315

## **СИСТЕМА ОДНОПРОВОДНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

ВАЛИЕВА Д.З., СУЛЕЙМАНОВА Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. РУДАКОВ А.И.

В настоящее время системы электроэнергии используют в большинстве случаев однофазные и трехфазные цепи, так же это касается систем

передачи электрической энергии от возобновляемых источников. Это не выгодно при передаче небольшой мощности.

Одним из способов уменьшения стоимости линий электропередач является однопроводная резонансная передача электрической энергии, которая была предложена еще Н. Тесла.

Резонансные системы передачи электрической энергии могут найти применение при передаче небольшой мощности до 20 км по однопроводным воздушным или кабельным линиям.

Преимущества однопроводной резонансной системы передачи электрической энергии:

- снижение при строительстве линий электропередач;
- отсутствие необходимости использования промежуточных станций;
- при обрыве резонансной однопроводной линии резко меняется частота и линия отключается, что позволяет сберечь от перенапряжения и разрушения изоляторов.

- уменьшение расходов на цветные металлы, уменьшение сечения передающей линии;

- снижение потерь электрической энергии в проводах;

- возможность плавной регулировки освещения благодаря изменению резонансной частоты;

- автоматика резонансной системы выполняет функцию защиты от перенапряжения, короткого замыкания, провалов и скачков тока и напряжения при резких изменениях нагрузок.

Можно сделать вывод, что однопроводная передача электроэнергии вполне реализуема и ее применение в электроэнергетике существенно снизило бы затраты на постройку как линий электропередач, так и на ее эксплуатацию.

УДК 621.22

## **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ГИДРО- И ВОЗДУХОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ**

ВЕДЕРНИКОВА Е.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. РУДАКОВ А.И.

Ветроэлектрические установки преобразовывают энергию ветра в любой другой вид энергии, например, электрическую. Пульсирующий характер скорости ветра, действующей на ветроколесо ветродвигателя, обуславливает изменчивость развиваемой мощности. В общем случае вет-

роагрегаты, не снабженные аккумуляторами энергии, вырабатывают энергию нестандартного качества, когда выходные параметры – напряжение и частота тока – колеблются в широких пределах. Использовать такую энергию можно для подъема воды с помощью центробежных или вихревых насосов.

Ветроэлектронасосные агрегаты наиболее просты и работают надежно в случае использования асинхронных короткозамкнутых двигателей и центробежных насосов. Сказанное относится в первую очередь к использованию трехфазной системы переменного тока.

Таким образом, ветронасосный агрегат с электрической трансмиссией должен состоять из генератора трехфазного переменного тока, инвертора, короткозамкнутого асинхронного двигателя и центробежного или другого ротационного насоса. Режим и эффективность работы такого агрегата в значительной степени определяются типом генератора и системой его возбуждения.

Асинхронный генератор с самовозбуждением от конденсаторов наиболее прост по конструкции, не имеет контактов трения и машинного возбуждения.

Для необслуживаемых ветронасосных агрегатов такой генератор является механически прочной машиной, за которой почти не требуется ухода. Он обладает еще одним положительным свойством: в нем при коротких замыканиях ударный ток быстро затухает, не вызывая перегрева и порчи обмоток.

При перегрузках же, вызванных, например, заклиниванием насоса, генератор быстро теряет возбуждение и даже размагничивается, что предохраняет его от выхода из строя.

УДК 621.315

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТАРИФНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ НАГРУЗКИ**

ВОЛКОВА Е.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАЛЕЕВА Р.У.

Вступившее в силу с 01 апреля 2012 г. Постановление Правительства Российской Федерации № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии» от 04 мая 2012 года (ПП РФ № 442) позволило потребителю выбрать необходимую для него ценовую категорию. Отпускная цена электроэнергии для потребителя в зависимости от объемов потребле-

ния, напряжения присоединения, наличия технических средств учета и контроля и других факторов зависит от параметров оптового и розничного рынков. Для расчета ценовой категории для потребителя учитываются цена закупки энергии на оптовом рынке за  $i$ -й час  $C_{opti}$ , транспортный тариф  $T_{ст}$ , цена инфраструктуры оптового рынка (затраты на функционирование «Администратор Торговой Системы» (АТС)  $C_{инф}$ , сбытовая надбавка гарантирующего поставщика, которую устанавливает местный орган ценового регулирования на каждый регулируемый период (год)  $C_{сб}$ . Для потребителей, ведущих плановый учет, средневзвешенная цена электроэнергии  $C_3$  в них определяется не по почасовым ценам  $C_{opti}$ , сложившимся на оптовом рынке для гарантирующего поставщика, а по собственным, которые получатся при фактических отклонениях почасового потребления от плановых, подаваемых потребителем на сутки вперед. Таким образом, уровень профиля нагрузки имеет большое значение при формировании средневзвешенной цены потребителя.

Анализ суточного графика нагрузки в режимный день позволит потребителям понять свой реальный график нагрузки и взвешенно принять решение об установке автоматизированных систем учета электроэнергии и выборе ценовой категории.

Были проведены исследования влияния профиля нагрузки на средневзвешенную цену электроэнергии для крупного потребителя, работающего по двухсменному режиму по наиболее распространенной третьей ценовой категории. В качестве количественной характеристики графика нагрузки использовался коэффициент заполнения.

На основании полученных данных был определен оптимальный коэффициент заполнения  $K_{зопт}$  для крупных потребителей с двухсменным режимом работы, рассчитывающихся за электроэнергию по двухставочному тарифу, а за транспорт электроэнергии – по одноставочному.

УДК 621.38

## **РЕАЛИЗАЦИЯ СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ИС AD7755**

ВОЛКОВА Р.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. КУЛАГИНА Л.Г.

Целью работы является разработка схемы счетчика электроэнергии для использования в однофазной двухпроводной сети.

Интегральные микросхемы серии AD представляют собой аналого-цифровые устройства высокой степени интеграции, обеспечивающие высокую точность, надежность и удобство в применении, они сочетают в себе аналого-цифровые преобразователи и специализированные цифровые сигнальные процессоры, обеспечивая точные измерения в сетях переменного тока.

Два имеющихся в ИС АЦП преобразуют сигналы напряжения, поступающие от преобразователей, в цифровой код. Эти АЦП представляют собой 16-разрядные дельта-сигма АЦП второго порядка с частотой дискретизации 900 кГц. Такая структура обеспечивает высокую точность, линейность и динамический диапазон.

В схеме счетчика для преобразования тока в сигнал напряжения, необходимый для работы ИС AD7755, используется шунт; сигнал напряжения снимается с обычного делителя напряжения. В качестве регистратора электроэнергии (кВт·ч) используется электромеханический счетчик, в котором применен двухфазный шаговый двигатель. Все этапы преобразования сигнала и его цифровая обработка происходят в ИС AD7755. Активная мощность вычисляется из сигнала мгновенной мощности, который вычисляется прямым перемножением сигналов тока и напряжения. Для того чтобы получить сигнал активной мощности (т.е. постоянную составляющую сигнала мгновенной мощности) сигнал мгновенной мощности пропускается через низкочастотный фильтр.

Схема позволяет корректно вычислять активную мощность при формах тока и напряжения несинусоидальной формы и при любых коэффициентах мощности. Вся обработка сигналов осуществляется в цифровом виде для получения максимальной температурной и временной стабильности.

Применение разработанного счетчика электрической энергии позволит точно проводить измерения потребляемой электроэнергии в однофазных сетях переменного тока.

УДК 697.2

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ (АСО) АВТОБУСОВ, ТРОЛЛЕЙБУСОВ И ТРАМВАЕВ**

ГАЛИУЛЛИН Д.Р., ФАТТАХОВ И.И., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ГАТИЯТОВ И.З.

В средней полосе России средняя температура воздуха в зимнее время года составляет около  $-15$  °С. По ГОСТ 8802-78 и ГОСТ 7495-74 тем-

пература воздуха в трамваях и троллейбусах должна быть на 20 °С выше наружной. По ГОСТ 20774-75 в салонах автобусов температура должна быть не ниже +10 °С при наружной температуре от –15 до –25 °С и не ниже +5 °С при наружной температуре воздуха до –40 °С. В действительности же имеет место плохое отопление общественного транспорта. В связи с этим предлагается создание более эффективной системы отопления с использованием автоматики, позволяющее регулировать температуру в общественном транспорте согласно ГОСТ. Задачи при создании новой системы заключаются в следующем:

- сконструировать новую отопительную систему, отличающуюся от уже используемых;
- разработка методики размещения блоков АСО в салонах общественного транспорта;
- экономическое обоснование новой системы;
- создание эстетичного внешнего вида блоков АСО.

По результатам проведенных исследований выяснилось, что для максимального комфорта в салонах общественного транспорта в холодное время года нужно установить по бокам передней, средней и задней двери по 2 блока АСО, которые в свою очередь будут управляться специальными датчиками в салоне и приборами на панели водителя. Средняя цена 1 блока от 8 000 до 10 000 руб. Срок окупаемости проекта для 1 автобуса 2 месяца.

УДК 697

## **ПОВСЕМИСТНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СФЕРЕ ЖКХ**

ГАНИН П.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РОЖЕНЦОВА Н.В.

В настоящее время сильно обострилась проблема энергосбережения и энергоэффективности в сфере ЖКХ. Построенные в 80-е – 90-е гг. прошлого века дома не соответствуют современным нормам энергосбережения.

Мероприятия по энергосбережению всегда требуют финансовых вложений, размер которых определяется масштабом предполагаемого проекта и зачастую не удовлетворяет возможностям жильцов. В силу этого, энергосберегающие проекты, реализация которых существенно снизила бы энергопотребление в жилых домах – большая редкость, хотя этот вопрос вполне решаем путем нахождения дополнительного финансирования.

В работе приведен реальный пример энергетического аудита жилого девятиэтажного многоквартирного дома в г. Волжске. В результате энергетического аудита сделаны выводы, что у дома имеются большие утечки разного вида энергии. Электроэнергия используется нерационально. Сформулированы мероприятия и пути по решению проблем. Предложенные мероприятия по энергосбережению позволят сократить энергопотребление на 30–60 %.

Определены общие объемы инвестиций для мероприятий по энергоэффективности, и определена экономия от данных мероприятий. Объяснено, на что будет направляться экономия средств от проводимых мероприятий для жильцов. Рассчитана окупаемость данного проекта.

Предложены методы финансирования проекта модернизации жилого дома.

УДК 621.31

## **К ВЫБОРУ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ГОСТОВ ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

ГАРИПОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. ТУКШАИТОВ Р.Х.

В данной работе осуществлено обобщение и систематизация материалов трех ГОСТов для оперативного получения необходимой информации. В первоначальном виде для сравнительного ознакомления с данными материалами требуются до одной недели.

Это связано с тем, что объем последних двух ГОСТов (Р 54149-2010 и 32144-2013) представлен в 1,5 раза меньше (20 стр.) относительно объема первоначального ГОСТа (13109-97), охватывающего период более 15 лет. Отсюда следует, что объем последних двух ГОСТов уменьшился в 2 раза. Это достигнуто исключением ряда сведений, без которых новый ГОСТ не позволяет понять ряд положений и даже терминов. Например, нет расшифровки понятия «доза фликера» и методики ее вычисления. Поэтому новый ГОСТ, на наш взгляд, следует рассматривать лишь как дополнение к ГОСТу 13109-97.

Для существенного ускорения содержания ГОСТов все основные параметры качества электричества сведены в одну таблицу. В ней последовательность перечисления параметров специально изменена. Вначале в ней приводятся те параметры, наименования которых остались в документе без



изменения. Причем, они в свою очередь приведены в порядке снижения их информативной значимости в нашей интерпретации.

В результате такого представления данных читатель за короткое время получает достаточное представление о последнем ГОСТе и тех изменениях, которые он претерпел за период более 15 лет.

УДК 628.9

## **К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

ГАРИХАНОВА Д.Д., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ДЕНИСОВА Н.В.

Применение светодиодного освещения позволяет снизить энергопотребление, затраты на обслуживание, увеличить качество освещения и срок службы.

Однако в процессе эксплуатации светодиодных светильников часто встречаются отказы в работе, как правило, за счет выгорания блока питания.

Объектом исследования служили светодиодные светильники, установленные в спортивно-оздоровительном комплексе в г. Казани:

L-BANNER 96 ( $W = 160$  Вт,  $F = 14496$  Лм) и L-office 25T встраиваемый Армстронг ( $W = 32$  Вт,  $F = 3000$  Лм). За 2 года эксплуатации из строя вышло 12 % линеек у светодиодных светильников L-BANNER 96, у светодиодных светильников типа Армстронг такого нет. Условия эксплуатации обоих светильников одинаковые.

Так как каждый светодиод питается постоянным напряжением до 4 В, а светильник питается от сети 220 В, светильники содержат в своем составе блоки питания, являющиеся источником высших гармоник. Высшие гармоники загружают провода и в некоторых случаях они могут быть настолько велики, что могут приводить к нарушению работы.

Анализатором качества электроэнергии Fluke 43В были измерены различные характеристики светодиодных ламп: амплитудные и действующие значения токов и напряжений; амплитудные значения гармоник тока и полные гармонические искажения THD, которые отражают степень искажения формы тока. THD для тока у L-BANNER 96 намного больше допустимого значения – 73,3 %; а у Армстронг не превышает допустимого значения – 27 %. Таким образом, мы делаем вывод, что гармоники влияют на срок службы осветительных установок.

Блоки питания светодиодных светильников не должны создавать излишних гармонических искажений, либо стоит применять устройства для подавления высших гармоник в сети: линейные дроссели, пассивные фильтры, разделительные трансформаторы, магнитные синтезаторы, активных фильтры гармоник.

УДК 519.71

## СЛЕДЯЩИЙ ПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МАЛОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

ГИМАТОВ И.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. доц. МАЛЕВ Н.А.

В работе рассматривается позиционная следящая система механизма продольной подачи станка с ЧПУ с питанием двигателя постоянного тока от тиристорного преобразователя. Электропривод содержит контур тока и контур скорости, настроенные на оптимум по модулю, а также контур положения с ПИ-регулятором положения. Ставится задача обеспечения инвариантности системы к изменяющимся в процессе функционирования параметрам в связи с необходимостью обеспечения требуемого качества управления и повышения точности работы. Предлагается способ адаптации с эталонной моделью с неизменными параметрами, не требующий изменения параметров регуляторов и основанный на формировании корректирующего воздействия, усиленного пропорциональным звеном. На рис. 1 представлены графики реакции системы на единичное ступенчатое воздействие при разомкнутом (сверху) и замкнутом (снизу) контуре самонастройки.

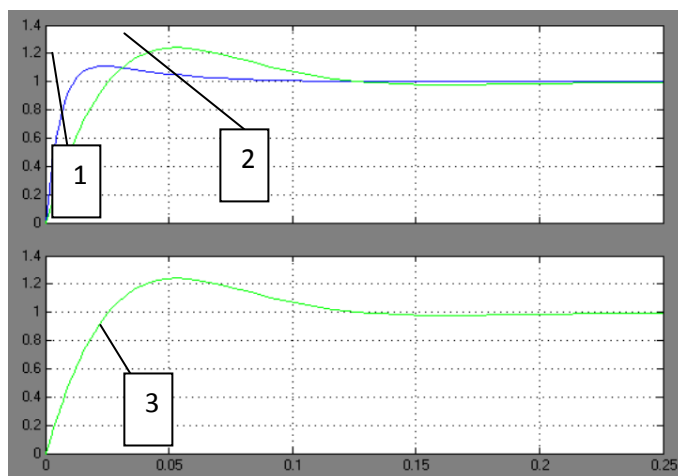


Рис. 1. Переходные характеристики

График переходного процесса при параметрических возмущениях (1) характеризуется меньшим перерегулированием порядка 11 % и большим быстродействием по сравнению с эталонным графиком (2). Замыкание контура самонастройки приводит к переходному процессу, идентичному эталонному процессу (3).

УДК 621.316.9

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ С ОДНОФАЗНЫМ ЗАМЫКАНИЕМ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

ГРИГОРЬЕВ А.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ВАГАПОВ Г.В.

Обеспечение надежности электроснабжения потребителей является одной из основных задач эксплуатационного обслуживания электрических сетей. С целью повышения надежности энергоснабжения потребителей несколько десятилетий назад было принято решение о переходе в сетях 6-35 кВ на режим работы с изолированной нейтралью. Однофазные замыкания на землю являются основным видом электрических повреждений в электрических сетях. Количество однофазных замыканий на землю составляет от 75 до 90 % от общего числа повреждений и часто являются причиной аварий, которые влекут за собой значительный экономический ущерб. Кроме того, рядом с местом такого замыкания возникает опасность для жизни человека и животных. Длительное замыкание на землю может привести к выходу из строя некоторых типов трансформаторов напряжения, а также к перерастанию однофазного замыкания на землю в двухфазные или трехфазные короткие замыкания.

Для поиска поврежденного соединения обычно поочередно отключают отходящие линии. Также в настоящее время выпускается большое количество устройств защиты и сигнализации замыкания на землю. Такие устройства позволяют оперативно ликвидировать замыкание и восстановить систему.

В высоковольтных сетях с изолированной нейтралью, осуществляется контроль изоляции при помощи трех вольтметров. Вольтметры подключаются к контактам основной вторичной обмотки трехфазного трехобмоточного трансформатора напряжения. При пробое изоляции и замыкании фазы на землю вольтметр, подключенный к этой фазе, покажет нуль, а ве-

личины напряжения на других двух фазах возрастут в 1,73 раза и вольтметры покажут линейные напряжения.

Поиск места однофазного замыкания на землю также осуществляется с помощью переносных приборов, которые измеряют вблизи воздушной линии уровень магнитного поля токов нулевой последовательности.

УДК 621.313

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

ГУЦАЛО Е.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

Под термином «эксплуатация» понимается стадия жизненного цикла электрооборудования, на которой реализуются, поддерживаются и восстанавливаются его технические характеристики.

Для обеспечения требуемых технических характеристик электрооборудования проводится его техническое обслуживание – комплекс мероприятий, включающий в себя осмотры, межремонтное обслуживание, профилактические испытания и диагностику оборудования и сооружений.

Осмотры оборудования выполняются с целью визуального контроля состояния этого оборудования. Различают плановые и внеочередные осмотры. Периодичность плановых осмотров регламентируется ПТЭ, и инструкциями эксплуатирующей организации, учитывающей специфику конкретных условий работы. Внеочередные осмотры проводятся при резком изменении условий работы электрооборудования, отключения его средствами РЗА и т.д.

При межремонтном обслуживании производятся мероприятия, рекомендованные заводом-изготовителем, в том числе, чистка изоляции, смазка, устранение мелких дефектов и неисправностей.

В процессе эксплуатации основные характеристики большей части электрооборудования меняются в сторону их ухудшения. Изменения такого рода невозможно оценить при осмотрах оборудования, поэтому периодически необходимо проводить его профилактические испытания.

По результатам осмотров, профилактических испытаний или диагностики электрооборудования делают вывод о его дальнейшей работоспособности или необходимости проведения ремонта.

По объему работ ремонты делятся на текущие и капитальные.

Текущий ремонт проводится для поддержания работоспособности и заключается в замене или восстановлении отдельных частей объекта (например, быстро изнашивающихся деталей).

При капитальном ремонте проводится полная разборка оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, в результате чего достигается практически полное восстановление его ресурса работы.

УДК 621.311.4

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

ДАВЛЕТГАРЕЕВА Г.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

Энергосбережение промышленных предприятий – это комплекс мер, направленных на сокращение расхода энергии от внешних источников, который подразумевает, в первую очередь, использование таких энергетических систем, которые заведомо экономичнее других, например, энергосберегающее оборудование. Системы электроснабжения промышленных предприятий, спроектированные на номинальный режим, работают, как правило, с недогрузкой. Это вызывает снижение коэффициента мощности в системе электроснабжения, увеличение доли потерь в трансформаторах, электрических машинах и аппаратах.

Повышение энергоемкости производства, количества техники, действующей в производственных процессах, а также постоянный рост цен на энергоносители является серьезным фактором, увеличивающим важность вопроса об экономии электроэнергии. Универсальных способов экономить электроэнергию на данный момент не существует, но разработаны методики, технологии и устройства, помогающие вывести энергосбережение на качественно новый уровень, поэтому энергосбережение и повышение энергоэффективности сегодня являются одними из самых перспективных и развивающихся направлений научно-исследовательских работ в электроэнергетике.

Энергосбережение в системах электроснабжения включает системы освещения, электротехники и электроники, электрические сети, электрические машины и аппараты. Один из самых действенных способов увеличения эффективности использования энергии в этом направлении – применение современных технологий энергосбережения.

Мало кто из нас задумывается о том, что сто лампочек по 75 ватт, работающих в пустую, только за один час «сжигают» несколько килограммов нефти или угля, при этом попутно загрязняя окружающую среду

выделением вредных веществ. Между тем сократить расходы электроэнергии в пять раз можно просто заменой привычных нам приборов на энергосберегающие. По данным экспертов на сектор ЖКХ приходится треть всех потерь, т.е. – около 115 миллионов тонн условного топлива.

Энергосбережение в России активно развивается, появляются новые технологии энергосбережения, разработаны и выявлены основные направления энергосбережения, ведется внедрение и установка нового энергосберегающего оборудования.

УДК 621.318

## **ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЗУБЦОВОГО МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ВАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

ДЕМИДЕНКО О.В, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САЙКИН М.С.

Работа посвящена разработке однозубцового магнитожидкостного герметизатора (МЖГ) для уплотнения вращающегося вала электропривода малой мощности диаметром 10 мм.

Размеры однозубцового герметизатора следующие: шаг зубца – 3,5 мм, величина площадки при основании зубца – 0,2 мм, угол при основании зубца 45°. Магнитопровод МЖГ изготовлен из стали 10. В однозубцовом МЖГ установлен ферритобариевый магнит марки 16БА190 размерами 25×12×5 мм.

Расчет однозубцового герметизатора выполнен в среде ELCUT с учетом граничных условий Дирихле-Неймана. Расчетная величина максимальной индукции под зубцом составила 1,2 Тл, а критического перепада давлений при использовании магнитной жидкости (МЖ) с намагниченностью 40 кА/м 0,32 10<sup>5</sup> Па.

Для проведения экспериментальных исследований разработан и изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из однозубцового герметизатора, магнитопровода и постоянного магнита, concentрически охватывающих вращающийся вал. В полость, расположенную внутри корпуса стенда, подается под давлением воздух. Защитный МЖГ рассчитан на критический перепад давлений 2 10<sup>5</sup> Па.

Экспериментальные исследования по определению критического перепада давлений однозубцового МЖГ проводились в следующей последовательности: под зубец заправлялась МЖ в объеме 0,25 см<sup>3</sup>. Вал вращался

со скоростью 76 об/мин и через 5 минут проводился пробой МЖГ, величина которого фиксировалась по манометру.

Аналогичные испытания проводились через 1, 3 и 11 суток. Критический перепад давлений однозубцового МЖГ через 5 минут после заправки составил 0,32 Ати, а через 11 суток был равен 0,36 Ати, что связано с перераспределением МЖ в неоднородном магнитном поле однозубцового МЖГ.

УДК 621.365

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ УСТАНОВОК**

ЕГИАЗАРЯН А.С., СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ЗИМИН Л.С.

Действительно энергоэффективный технологический комплекс для обработки металла «нагрев-деформация», когда в качестве нагревателей используются индукционные нагревательные установки (ИНУ), можно спроектировать только с учетом его системы электроснабжения (СЭС). Под энергоэффективным проектированием СЭС комплекса ИНУ понимается построение наиболее экономичного ее варианта при соблюдении технических условий, накладываемых как элементами СЭС, так и потребителями-ИНУ. В качестве экономического критерия энергоэффективности целесообразно принимать суммарные приведенные затраты на СЭС, которые определяются технологическими, электротехническими и топологическими параметрами. К технологическим относятся: технологическая схема процесса «ИНУ-деформация» с указанием режимов работы, количество и мощность ИНУ, частота тока, требования к надежности электроснабжения и регулированию мощности; к электротехническим: напряжение и число фаз (при частоте 50 Гц) ИНУ, количество и мощность источников питания, компенсирующих устройств, конструктивное исполнение сети; к топологическим: координаты расположения ИНУ, источников питания, компенсирующих устройств, а также конфигурация сети.

Рассмотрена задача структурной оптимизации СЭС ИНУ промышленной частоты, при которой находится количество подстанций, координаты их расположения, параметры подстанций, сети и конденсаторных установок, соответствующие минимуму приведенных затрат на СЭС при учете технических ограничений. Для решения поставленной технико-экономической задачи предлагается использовать стратегию релаксации,

что позволяет свести ее к итеративной последовательности решения задач целочисленного линейного программирования. Следует отметить, что эффект поиска энергоэффективной структуры СЭС по сравнению с методами традиционного проектирования повышается с увеличением размерности, расширением номенклатуры подстанций, разбросанностью месторасположения ИНУ. Показано, что минимальным затратам на передачу электроэнергии от подстанций к потребителям соответствует кратчайшая распределительная сеть.

УДК 621.321

## МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАТЧИКОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ЕГОРОВ М.С., НИУ «МЭИ», г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.В.

Совместное использование современных типов светильников и датчиков в системах освещения позволяет понизить эксплуатационные затраты, в частности, затраты на электроэнергию. Однако это требует высоких капитальных вложений. Поэтому возникает задача выбора экономически целесообразного варианта системы освещения.

Для ее решения требуется технико-экономический расчет. В том случае, когда объект находится на стадии проектирования, найти потребление электроэнергии возможно приближенно:

$$W = k \times \left( \frac{(k_{\bar{b}}^3 + k_{\bar{b}}^n)}{2} \times \alpha_{\bar{b}} + \frac{(k_{\bar{e}}^3 + k_{\bar{e}}^n)}{2} \times \alpha_{\bar{e}} \right) \times P_{\Sigma} \times T_{\text{год}} + N_{\text{д}} \times P_{\text{д}} \times T_{\text{год}} \quad (1)$$

где  $W$  – потребление электроэнергии за год, кВт·ч/год;  $P_{\Sigma}$  – суммарная мощность осветительных установок;  $T_{\text{год}}$  – число часов в году;  $k$  – коэффициент, учитывающий снижение электропотребления за счёт использования датчиков;  $\alpha_{\bar{b}}$  – доля будних дней в году,  $\alpha_{\bar{e}}$  – доля выходных дней в году;  $k_{\bar{b}}^3, k_{\bar{b}}^n, k_{\bar{e}}^3, k_{\bar{e}}^n$  – коэффициенты, учитывающие неравномерность использования светового потока в течение суток;  $N_{\text{д}}$  – количество датчиков;  $P_{\text{д}}$  – мощность потребления датчика.

Для простоты расчета принимаем, что световой поток от естественного освещения растёт и убывает линейно, и в точке максимума освещенность от света неба будет достаточной для освещения помещения.



Для оценки варианта можно воспользоваться диаграммами затрат, по оси X которой откладываем эксплуатационные затраты за 5 лет, а по оси Y – капитальные затраты. Вывод об экономической эффективности вариантов делаем по минимальному расстоянию от центра координат.

УДК 621.311.1

## **ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ В СЕТИ ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЖИГУЛЕВСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

ЕГОРЧЕНКОВ А.А., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КУВШИНОВ А.А.

Перенапряжением называют превышение напряжением амплитуды наибольшего рабочего напряжения. Длительность перенапряжения может составлять от единиц и микросекунд до нескольких часов. Воздействие перенапряжения на изоляцию может привести к ее ухудшению и пробоем.

В связи с широким применением вакуумно-коммутационной аппаратуры проблема с перенапряжениями в узлах электрической цепи возникла более остро. Тем самым, их ограничение является первостепенной и актуальной целью.

Одно из самых эффективных решений – это применение нелинейных ограничителей перенапряжений, что даст возможность максимально снизить значения параметров, влияющих на изоляцию сети генераторного напряжения.

Это позволит повысить в сетях генераторного напряжения электростанции надежность и бесперебойность, а также обеспечит снижение риска возникновения аварийной ситуации и поможет избежать возможных экономических затрат, связанных с ремонтом оборудования.

УДК 620.1:621.315.2

## **АНАЛИЗ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ ИЗ СПЭ**

ИДРИСОВА А.Р., ФИЛИППОВ Р.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РОЖЕНЦОВА Н.В.

При анализе неразрушающих методов диагностики изоляции кабелей (рис. 1) выявлены наиболее подходящие для кабелей с изоляцией из СПЭ:

Измерение емкости изоляции  $C$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $tg\delta$ .

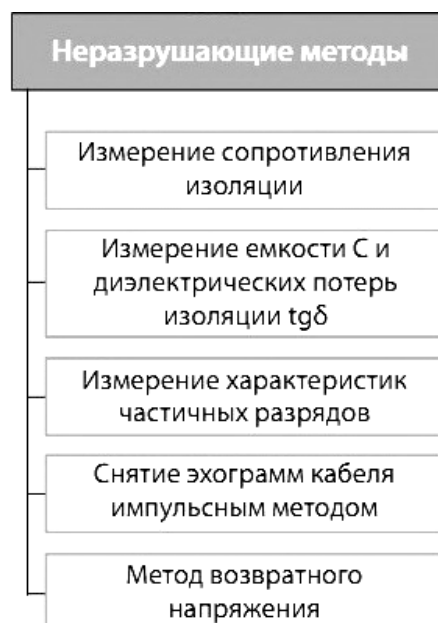


Рис. 1. Неразрушающие методы диагностики

При этих испытаниях необходимо оценивать приращение  $tg\delta$  при увеличении приложенного напряжения. По этой характеристике судят о наличии газовых включений в изоляции кабеля. Измерение емкости изоляции  $C$  и тангенса диэлектрических потерь  $tg\delta$  аналогично сопротивлению изоляции  $R_{из}$  следует сравнивать по фазам. Измерение  $C$ ,  $tg\delta$ ,  $R_{из}$  могут служить браковочным критерием только в предпробойный период, когда дефект уже почти полностью развился.

#### *Измерение характеристик частичных разрядов (ЧР)*

Один из прогрессивных методов, реализованный в России в наибольшей мере. При данном виде диагностики измеряется распределение и величина ЧР по длине КЛ, количество ЧР в дефектных местах, напряжение возникновения и напряжение гашения ЧР. По результатам измерений характеристик ЧР может быть определено расстояние до дефектного места с перспективой замены аварийного участка. Данный метод дает неплохие результаты для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что разработка неразрушающих методов диагностики кабелей является весьма перспективной задачей, которая позволит увеличить надежность электроснабжения потребителей – основную задачу энергоснабжающих организаций.

УДК 621.311.1

## **ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПРОИЗВОДИМЫХ И ПОТРЕБЛЯЕМЫХ ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»**

ИЕВЛЕВ С.О., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАХНИНА В.В.

До внедрения проекта система учета электроэнергии на ООО «Тольяттикаучук» была представлена счетчиками класса 1 с число-импульсными входами. На данный момент система не отвечает требованиям о точности измерения и морально устарела. Принято решение о внедрение АСКУЭР (автоматическая система комплексного учета энергоресурсов), т.к. данная система учета наиболее подходит для предприятия.

Преимущества внедрения автоматизированной системы АСКУЭР:

- возможность использования различных тарифов электроэнергии;
- обеспечение контроля за соблюдением режимов энергопотребления;
- сбор и учет данных по каждому счетчику индивидуально;
- автоматизированный контроль и измерение параметров;
- контроль и защита от хищения.

Разработанная и внедренная система комплексного учета электроэнергии позволит обеспечить достоверной, своевременной и высокоточной информацией для принятия правильных решений по энергоэффективности.

УДК 621.313

## **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ И РЕЖИМНО-АТМОСФЕРНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

ИШБУЛАТОВА Г.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

Уровень электропотребления, определяющий потоки мощности в ветвях и напряжение в узлах сети, существенно зависит от погодных условий. Сезонная динамика зримо проявляется в нагрузочных потерях, расходе электроэнергии на собственные нужды подстанций и недоучете электроэнергии. Но в этих случаях зависимость от погодных условий выражается в основном через один фактор – температуру воздуха.

Вместе с тем существуют составляющие потерь, значение которых определяется не столько температурой, сколько видом погоды. К ним,

прежде всего, следует отнести потери на корону, возникающую на проводах высоковольтных линий электропередачи из-за большой напряженности электрического поля на их поверхности. В качестве типовых видов погоды при расчете потерь на корону принято выделять хорошую погоду, сухой снег, дождь и изморозь (в порядке возрастания потерь).

При увлажнении загрязненного изолятора на его поверхности возникает проводящая среда (электролит), что способствует существенному возрастанию тока утечки. Эти потери происходят в основном при влажной погоде (туман, роса, морозящие дожди). По данным статистики годовые потери электроэнергии в сетях АО-энерго из-за токов утечки по изоляторам ВЛ всех напряжений оказываются соизмеримыми с потерями на корону. При этом приблизительно половина их суммарного значения приходится на сети 35 кВ и ниже. Важно то, что и токи утечки, и потери на корону имеют чисто активный характер и поэтому являются прямой составляющей потерь электроэнергии.

Климатические потери включают потери на корону, которые зависят от сечения провода и рабочего напряжения, конструкции фазы, протяженности линии, а также от погоды. Удельные потери при различных погодных условиях определяют на основании экспериментальных исследований. Потери от токов утечки по изоляторам воздушных линий. Минимальная длина пути тока утечки по изоляторам нормируется в зависимости от степени загрязненности атмосферы (СЗА).

УДК 621.316

## **РАСЧЕТ ИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

ИБРАГИМ А.Х., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ДЕНИСОВА Н.В.

Любая энергетическая система (аппарат, электрическая машина, электрическая конструкция) состоит из двух обязательных элементов: электрической изоляции и проводников. Электрическая изоляция электрооборудования в значительной степени предопределяет его размеры, работоспособность, безаварийность работы, срок службы и стоимость. Иными словами, электрическая изоляция обеспечивает работу всего электрооборудования, являясь его обязательной составной частью. Чтобы выполнять свои функции, электрическая изоляция должна удовлетворять комплексу требований, которые можно сформулировать сле-

дующим образом: изолирование проводников, находящихся под разными электрическими потенциалами; надежная механическая связь частей изоляционной конструкции с проводниками; достаточная механическая прочность, позволяющая без повреждений и заметного ухудшения свойств выдерживать как нормальные нагрузки, так и эксплуатационные нагрузки; простая технология изготовления; возможна низкая стоимость; относительно малые размеры; малые потери электрической энергии при рабочем напряжении, т.е. высокое электрическое сопротивление и маленькое  $tg\delta$ ; При проектировании электрической изоляции необходимо решать задачу экономической эффективности производства новой конструкции, что требует проведение расчетов и обоснований. Эффективность внедрения новой конструкции характеризуется большим количеством показателей: удельными капитальными вложениями, расходом материалов, топлива и энергии, изменением производственной мощности предприятия, изменением производительности труда и т.п.

УДК 628.95

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРАВОМЕРНОСТИ БАЛЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЙТИНГА СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП**

ИШТЫРЯКОВА Ю.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. ТУКШАИТОВ Р.Х.

С началом производства и реализации светодиодных светильников и ламп возникла необходимость в определении их рейтинга. Этой задаче в журнале «Современная светотехника» за 2012 год была посвящена публикация, в которой определялся рейтинг светодиодных ламп разных производителей. Анализ данной работы показал, что в ней отсутствуют сведения о методике определения рейтинга, количестве участвующих экспертов и результатах статической обработки. Это могло быть источником существенных ошибок, поскольку итоги приведенного рейтинга ламп вызвал недовольство отдельных производителей.

В работе была поставлена задача приблизительно оценить величину погрешности в баллах, допускаемой при анализе каждого светотехнического параметра лампы. Для этого были построены графики зависимости баллов от значения каждого технического параметра лампы.

В результате установлено, что полученные зависимости имеют выраженный нелинейный характер. При использовании этих графиков ре-

зультаты оценки каждого параметра могут у одних ламп завышены, а у других занижены на 2–3 балла. Поскольку оценка качества ламп определяется на основе анализа 10 параметров, то отклонение суммарного значения может составлять более 20–30 % и попадать в область статистических «промахов». При этом наибольшая ошибка допускается при определении цветовой температуры, светового потока и коэффициента мощности.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о необходимости разработки новой методики определения рейтинга ламп разных производителей.

УДК 621.38

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ СЕРИИ MSP430**

КАДЫЙРОВ Р.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. КУЛАГИНА Л.Г.

Целью работы является разработка схемы счетчика электроэнергии на микроконтроллере серии MSP430. Документ содержит описание некоторых основополагающих принципов и рекомендации по использованию микроконтроллеров серии MSP430, а также рисунки печатных плат и демонстрационные версии программ. В данной работе описаны схема электрическая принципиальная и программное обеспечение электронного счетчика электроэнергии на микроконтроллере семейства MSP430. В качестве дополнения предполагается использовать руководство пользователя модуля ESP430CE1.

Микроконтроллеры семейства MSP430 со встроенным сигнальным процессором ESP430CE1 для однофазного счетчика электроэнергии со встроенным аналоговым входным терминалом и температурным датчиком были разработаны специально для использования в устройствах измерения потребляемой мощности. ESP430CE1 выполняет большинство действий по измерению потребления электроэнергии автоматически, не используя ресурсы вычислительного ядра. Это позволяет сохранить ресурсы вычислительного ядра для использования их в других задачах, например, для осуществления связи с другими устройствами. ESP430CE1 может работать с различными токовыми датчиками. В качестве токового датчика он может использовать Rogowski без дополнительных внешних компонентов шунт, токовые трансформаторы (СТ), включая трансформаторы со связью по постоянному току и большим фазовым сдвигом или катушки индуктивности.

Все параметры могут быть настроены программно, а калибровочные константы могут быть сохранены во Flash памяти микроконтроллера MSP430 и переданы ESP430CE1 при инициации системы.

УДК 621.31

## **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ И РЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ**

КАЗАНОВ М.С., НИУ «МЭИ», г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КОНДРАТЬЕВ А.В.

Выбор параметров оптимального размещения и характеристик (ОРХ) энергоблоков распределенной генерации и ресурсов (РГиР) является важнейшей задачей, имеющей множество подходов к решению. Основой для создания и применения тех или иных техник является, во-первых, достижение максимального положительного эффекта от применения распределенной генерации (снижение потерь в распределительных сетях, уменьшение затрат на энергию и т.д.), во-вторых, минимизация нежелательных технических эффектов и экономических издержек.

Решение локальной одноцелевой задачи путем внедрения дополнительного источника питания, как правило, не рационально и часто способствует ухудшению других показателей, поэтому широкое применение находят различные методы многокритериальной оптимизации.

В существующих системах внутреннего электроснабжения объектов оптимизация параметров, внедряемых РГиР, основывается на достижении целевых критериев (минимизация влияния на параметры нормальных и аварийных режимов, минимизация потерь и т.д.) в условиях актуальных и перспективных графиков нагрузки. Задача имеет динамический характер.

Методы оптимизации можно разделить на три крупные группы: аналитические, численные и эвристические. Аналитические методы наиболее просты в применении, однако они являются только лишь оценочными и предполагают множество допущений, в частности, не учитывают динамический характер нагрузки. Недостатком эффективных численных методов (нелинейное программирование, полный перебор) принято считать неприменимость в крупных и сложных системах. Вместе с этим, эвристические методы, такие как генетический алгоритм (GA), недоминируемая сортировка (NSGA), алгоритм Парето-силы (SPEA), а также метод роя частиц (PSO) доказали свою надежность в поиске оптимальных решений для сис-

тем любой сложности и задач. Перспективно комбинированное использование эвристических методов и нейронных сетей для решения задач динамической оптимизации.

УДК 621.313; 62.837

## **МНОГОФАЗНЫЙ СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С УЛУЧШЕННЫМИ ВИБРОШУМОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

КАРАЧЁВ В.Д., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГОЛУБЕВ А.Н.

Широкие возможности целенаправленного воздействия на конфигурацию магнитного поля, а следовательно, на виброшумовые характеристики, открывает увеличение числа фаз статорной обмотки, что позволяет оптимизировать целый спектр других технико-экономических показателей электропривода (ЭП) [1].

Снижение шумов и вибраций путем применения многофазных машин ( $m > 3$ ) обусловлено уменьшением тангенциальных сил, вызванных пульсациями электромагнитного момента СД. Это связано с тем, что увеличение числа фаз статорной обмотки вызывает разрежение гармонического состава поля в направлении устранения из него асинхронных гармоник при относительном возрастании синхронных, обуславливающих появление дополнительных постоянных составляющих электромагнитного момента.

Другой причиной возникновения вибраций является действующая в любой точке воздушного зазора радиальная магнитная сила, величина которой пропорциональна квадрату индукции в зазоре. Эта сила вызывает динамические деформации статорного кольца, которые соответственно являются источником магнитных шумов [2].

При рассмотрении вопроса улучшения виброшумовых показателей ЭП следует поставить задачу компромиссной минимизации действующего значения тока статора и магнитных шумов при сохранении требуемого электромагнитного момента.

Решение задачи оптимизации разбивается на два этапа. На первом определяются значения поперечных составляющих приведенных спектральных векторов тока статора. На втором этапе определяется продольная составляющей первой гармоники тока статора. Рассчитанные функциональные зависимости вводятся в многоканальную САУ многофазными СД



с улучшенными виброшумовыми характеристиками с помощью функциональных блоков.

### *Литература*

1. Голубев А.Н., Лапин А.А. Многофазный синхронный регулируемый электропривод: научное издание / ГОУВПО ИГЭУ. Иваново, 2008. 156 с.
2. Голубев А.Н., Лапин А.А. Математическая модель синхронного двигателя с многофазной статорной обмоткой // Электротехника. 1998. №9. С. 8–13.

УДК 621.311.243+620.9

## **СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ СОЛНЕЧНОЙ ПОСРЕДСТВОМ ДВИГАТЕЛЕЙ СТИРЛИНГА**

КАСИМОВА Д. А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. РУДАКОВ А.И.

Одним из основных вопросов, стоящих на пути прогресса в современном мире, является вопрос о развитии энергетики, базирующейся на доступе к энергетическим ресурсам.

Задача обеспечения постоянно растущих потребностей мировой и национальных экономик в энергии обуславливает необходимость развития возобновляемой энергетики (ВИЭ) и, в частности, солнечной энергетики.

Солнечная энергетика по многим прогнозам является одной из самых перспективных отраслей возобновляемой энергетики. Главной задачей является получение дешевой электроэнергии с помощью солнечных батарей и других преобразователей солнечной энергии.

Солнечные батареи выполнены из спаянных между собой и гидроизолированных солнечных ячеек, в то же время использующихся для создания солнечных модулей. Создание солнечных панелей образуется путем установления на них группы модулей. В свою очередь, сборка солнечных панелей образует собой солнечные батареи или, еще как их называют, фотоэлектрические элементы. Аккумулятор, которым оборудованы солнечные батареи, способен накапливать электрическую энергию днем, а ночью этот заряд отдавать на освещение.

Теоретическую основу исследования составили идеи о разработке универсальной установки получения электрической энергии в промышленности и в сельском хозяйстве, обоснование ее параметров. Особое вни-

мание уделено получению электрической энергии из тепловой энергии при помощи двигателя Стирлинга.

На базе двигателя Стирлинга в последнее время разработаны когенерационные установки, используемые для производства электрической и тепловой энергии с использованием одного вида топлива. Когенерационные установки часто применяются на предприятиях для выработки собственной электроэнергии (вместо сетевой). Хотя традиционный способ получения электроэнергии из сети достаточно удобен для предприятия, но большие потери при передаче энергии на дальние расстояния снижают его эффективность.

УДК 620.92

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ МОСКВЫ**

КНЯЗЕВ А.С., НИУ «МЭИ», г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РАГУТКИН А.В.

Обращаясь к вопросу надежности электроснабжения теплогенерирующих предприятий Москвы, следует отметить, что согласно ПУЭ, районные тепловые станции (РТС) должны быть обеспечены по I категории надежности. На деле в Москве преобладающей категорией надежности электроснабжения РТС является II категория. Также встречаются РТС со снабжением и по III категории надежности.

С 2004 г. взамен старому ВСН–5988 выпущен новый Свод правил по проектированию и строительству «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». Действие этого документа распространяется на проектирование и монтаж электроустановок вновь строящихся и реконструированных зданий. Согласно Своду правил, для обеспечения требуемой надежности электроснабжения ответственных потребителей возможна установка аварийного ввода резерва (АВР) – централизованно – на вводах в здание и децентрализованно – у электроприемников I категории. Вариант установки АВР выбирается в проекте в зависимости от взаимного расположения РУ, ВРУ и электроприемников, а также от условий эксплуатации и способов прокладки питающих линий. В случае, когда электроприемники I категории не могут быть запитаны от двух независимых источников, должно быть осуществлено их технологическое резервирование, включаемое автоматически.

Не смотря на полную ясность в порядке проведения мер по обеспечению резервирования и бесперебойности, на действующих предприятиях зачастую автоматика АВР не может работать корректно. Причиной этого является подключение питающих вводов к разным трансформаторным подстанциям, что делает невозможным использование параллельного режима работы питающих вводов для восстановления схемы электроснабжения. В таком случае нельзя говорить о полноценной II категории надежности электроснабжения.

Данное несоответствие действующим правилам и нормам подвергает риску теплоснабжение ответственных потребителей социального сектора, таких как больницы, школы, детские сады, поликлиники и т.д.

УДК 621.317

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ С НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

КРЫЛОВ К.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МУХАМЕТГАЛЕЕВ Т.Х.

На сегодняшний день, в электрооборудовании присутствуют устройства с нелинейными вольт-амперными характеристиками. В результате работы таких устройств в сети возникает несинусоидальность напряжения, характеризующаяся уровнем высших гармоник. Еще одна серьезная проблема – это несимметрия напряжений, возникающая из-за мощных однофазных приемников и неравномерной загрузки фаз.

Несинусоидальность и несимметрия напряжений вызывают дополнительные потери мощности электрооборудования, увеличивается скорость старения изоляции. Это приводит к увеличению амортизационных отчислений и уменьшается срок службы электрооборудования.

Степень влияния температуры на изоляцию зависит от типа электроприемника и класса изоляции: например, срок службы сокращается вдвое при повышении температуры на 8 °С. Следовательно, необходимо бороться с данными видами помех. С этой целью существуют разнообразные устройства: фильтры, реакторы, сетевые дроссели. Эти устройства весьма дорогие, а стоимость измерения уровня электромагнитных помех – около 1 млн руб.

Из вышесказанного следует, что проблему помех нужно решать при помощи моделирования влияния электромагнитных помех на электрообо-

рудования предприятия. Необходимо создать модель, эквивалентную системе электроснабжения предприятия с представлением источников помех схемой замещения с нелинейными элементами.

Приемником помех, главным образом, является изоляция обмоток электрооборудования с изменяющейся температурой по экспоненциальному закону.

Результатом моделирования электромагнитной обстановки будет оценка:

- уровня электромагнитной обстановки;
- потерь мощности;
- снижения срока службы электрооборудования.

Данная модель позволит снизить стоимость и уменьшит время проведения измерений.

УДК 620.9.003.13

## **ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

КРЮКОВ Н.М., НИУ «МЭИ», г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ХЕВСУРИАНИ И.М.

Кризисные явления в мировой экономике привели к обострению негативных тенденций в развитии промышленности, для преодоления которых требуется решение крупных задач, связанных, в первую очередь, с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Около 40 % ТЭР расходуется без отдачи.

К основным организационно-методическим материалам, которые необходимы для первоочередного внедрения на предприятиях, относится программа энергосбережения.

Цель программы: реализация организационных, правовых экономических, научно-технических и технологических условий, обеспечивающих рост энергоэффективности предприятия за счет реализации потенциала энергосбережения.

Мероприятия по снижению потребления электрической энергии:

1) пересмотр договорных значений потерь электроэнергии от границ балансовой принадлежности до места установки приборов учета электроэнергии;

2) модернизация трансформаторного оборудования на более современное (трансформаторы ТМГ 12 позволяют сэкономить денежные сред-

ства, повысить к.п.д., повысить безопасность работы электрической сети, потери холостого хода и короткого замыкания снижены на 30 %);

3) модернизация приточных отопительных систем, замена морально устаревших приводов вентиляционных установок на современные энергоэффективные асинхронные электропривода с целью снижения потерь электроэнергии;

4) снижение расхода электроэнергии за счет замены ламп накаливания на люминисцентные в цехах и на площадке соцкультбыта.

На основе этой программы проведен энергоаудит на предприятии, в котором принимал участие автор. Результат аудита дал возможность уменьшить расходы электроэнергии на 27 % в год, что позволит сэкономить до 57 млн руб.

УДК 621.314

## **ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КАК СПОСОБ ЭКОНОМИИ**

КУЗЬМИЧЁВ А.Э., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

В наше время практически всю механическую энергию для работы машин и механизмов получают за счет электрической энергии, используя для этого электроприводы. Именно они потребляют более 65 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии. Устранение нерационального расхода средств все чаще решается сегодня с помощью высоких технологий. Одно из главных направлений здесь занимает внедрение в различные отрасли промышленности регулируемых электроприводов на основе частотного преобразователя. Частотный преобразователь представляет собой электронное статическое устройство, предназначенное для управления асинхронного или синхронного электродвигателя переменного тока. За счет оптимального управления электродвигателем в зависимости от нагрузки потребление электроэнергии в насосных, вентиляторных, компрессорных и других агрегатах снижается на 40–50 %, а пусковые токи, составляющие 600–700 % от номинального тока и являющиеся бичом для пускорегулирующей аппаратуры, исчезают совсем. Частотный преобразователь необходим для решения стандартных проблем практически любого предприятия или организации, например таких, как экономия энергоресурсов, снижение затрат на плановые ремонтные работы и капитальный ремонт, увеличение срока службы технологического оборудования, обеспечение оперативного управления и достоверного контроля за ходом выполнения

технологических процессов. Значительная экономия электроэнергии достигается при одном условии – приводной механизм должен что-либо регулировать (поддерживать какой-либо технологический параметр): если используется насос, то необходимо регулировать расход воды, давление в сети или температуру чего-либо охлаждаемого или нагреваемого, если используется вентилятор или дымосос, то регулировать нужно температуру или давление воздуха, разрежение газов. Самая привлекательная особенность этого оборудования заключается в том, что оно представляет из себя один из наиболее выгодных объектов для инвестирования средств предприятия, и окупаемость вложенных средств за счет экономии энергоресурсов и других составляющих эффективности не превышает в среднем 1,5 лет.

УДК 621.311-025.12

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ООО «БАЛТЕКС»**

ЛЕВТЕРОВ А.С., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЧЕРНЕНКО А.Н.

Первое место по количеству потребляемой электроэнергии принадлежит промышленности, на долю которой приходится более 60 % вырабатываемой в стране энергии. С помощью электрической энергии приводятся в движение миллионы станков и механизмов, осуществляется освещение помещений, автоматическое управление технологическими процессами и др. Существуют технологии, где электроэнергия является единственным энергоносителем.

Такие факторы, как бурный рост отечественной промышленности в начале второй половины XX в. и тяжелые экономические условия в связи с переходом на рыночную экономику в последние три десятилетия, обернулись для энергетиков не только проблемой физического и морального износа действующих электроустановок, но также необходимостью модернизации и расширения возможностей электроэнергетических систем (федерального, областного или районного масштаба) на базе существующих, что возможно только при правильном понимании сложившейся обстановки, грамотном проектировании, планировании и выполнении работ.

Для решения таких задач актуальным будет являться создание качественной и экономически обоснованной системы электроснабжения на отдельно взятом предприятии, что позволит получить ценный опыт выпол-

нения организационных, правовых, технических, экономических и других мер, необходимых для повышения энергоэффективности и реализации концепции энергосбережения.

УДК 621.315.6

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

МАДАНОВ Д.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УЛАНОВ В.А.

Известно, что при проведении в контакт двух веществ между ними возникает обмен носителями заряда, что приводит к изменению свойств полупроводников не только на контактной поверхности, но и в объеме. Для понимания многих явлений, обусловленных наличием контакта, необходимо рассмотреть изменения свойств полупроводника, внесенного в электрическое поле. С этой целью контакт включают в цепь источника напряжения и снимают зависимости тока, протекающего через контакт от приложенного напряжения, называемые вольтамперными характеристиками (ВАХ). Для исследований граничных эффектов между различными полупроводниками нами был создан лабораторный стенд, состоящий из регулируемого прецизионного источника напряжения, резистивного шунта, контактного устройства, электронного коммутатора, микровольтметра, АЦП и устройства связи с персональным компьютером. Один из контактов представляет собой плоскую железную площадку, второй контакт – заостренная проволока из вольфрама. Образец исследуемого полупроводника приклеивается к плоскому контакту проводящим клеем, перемешанным с мелкодисперсным порошком того же состава, что и исследуемый полупроводник. На созданном стенде нами проведено исследование вольтамперных характеристик контактов «вольфрам – PbS:Me», где в качестве легирующих примесей Me были использованы медь, марганец и серебро. Обнаружено, что в области низких напряжений прямого направления образуются сублинейные участки, протяженность которых зависит от типа и природы легирующей добавки. В области обратных напряжений зависимости оказались близкими к экспоненциальной форме. Результаты анализа снятых вольтамперных характеристик показывают, что в месте контакта формируется высокоомный слой, который неоднороден не только по проводимости, но и по составу. Оценены толщины образующихся слоев в слу-

чаях различных легирующих добавок и установлено, что в них имеются области различного типа проводимости.

УДК 656.2/.4 (470.53)

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕОСНАЩЕНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ДЛЯ НУЖД КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРОДА**

МАТВЕЕВ А.С., ЗАКИРОВ А.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. АУХАДЕЕВ А.Э.

В настоящее время общее положение городского электротранспорта (ГЭТ) характеризуется как чрезвычайно напряженное. Продолжается устойчивый процесс старения и снижения численности подвижного состава.

Все более актуальной становится рейтинговые показатели различных видов транспорта, а задача поиска путей повышения этих показателей заключается в приобретении предприятиями городского электротранспорта новых составов, которые отвечают требованиям безопасности и комфортабельности пассажиров.

С целью улучшения надежности эксплуатации подвижного состава в последнее время вводятся в эксплуатацию новые составы, к примеру, на метрополитене состав – «Русич», в трамвайном депо – новые составы типа «Спектр». Так же для улучшения качества перевозок проводятся модернизация проездных путей (рельсовые пути изготавливаются безстыковыми и укладываются на железобетонные шпалы, асфальт укладывается по новой технологии). Уделяется большое внимание пассажирам инвалидам. Для их перевозки приобретается низкопольной подвижной состав, на остановочных пунктах устанавливается световое табло с указанием маршрута и времени ожидания. На некоторых видах транспорта устанавливаются громкоговорители, которые оповещают слабовидящих пассажиров о номере маршрута и текущей остановке.

Так же одним из возможных решений из сложившейся ситуации может быть передача части основных видов деятельности предприятий жилищно-коммунального хозяйства на предприятия ГЭТ. Так, например, механизированная уборка проезжей части может стать новым источником дохода предприятия.

Подобное решение требует проведения комплекса мероприятий по модернизации и техническому переоснащению подвижного состава город-



ского электротранспорта, а также принятия ряда административных решений на уровне органов местного самоуправления.

УДК 628.041.728

## **СПОСОБЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЫТУ**

МАХМУДОВ И.Т., НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск  
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. БУЛАТОВА В.М.

В связи с постоянным ростом тарифов на электроэнергию все более актуальной становится возможность ограничить затраты на ее оплату. Существуют мероприятия по снижению стоимости потребленной электроэнергии и экономии электричества: получать дешевое электричество для граждан-потребителей, производить расчеты с использованием тарифа, дифференцированного по зонам суток (для этого необходим многотарифный или двухтарифный счетчик электроэнергии).

Что такое тариф, дифференцированный по зонам суток? Это тариф на электроэнергию, который позволит получать более дешевую электроэнергию.

Это тариф на электрическую энергию, размер которого варьируется от времени использования электроэнергии (ночной тариф на электроэнергию значительно ниже, чем дневной). Однако время ночного тарифа на электроэнергию обычно ограничено с 23-00 до 07-00. При использовании этих тарифов появляется так называемая двухтарифная электроэнергия. Для того чтобы появилась возможность рассчитываться с использованием такого тарифа, необходимо, чтобы у потребителя был установлен индивидуальный прибор учета электроэнергии, который может фиксировать потребление электроэнергии по зонам суток (многотарифный или двухтарифный счетчик электроэнергии). Стоимость таких приборов учета начинается от 800 рублей.

Стоит отметить, что при принятии решения о проведении расчетов с использованием тарифов, дифференцированных по зонам суток, потребитель должен перед этим все внимательно просчитать и оценить возможную экономию, а также понимать, что если этот тариф будет им выбран, то в дальнейшем придется изменять привычную структуру потребления электроэнергии – будет использована «двухтарифная оплата электроэнергии» – (например, оставлять работающей на ночь стиральную-машинку автомат и т.д.). Так что перед переходом на потребление электроэнергии день-ночь

необходимо четко осознавать, получится ли организовать изменение порядка пользования электричеством.

УДК 620.9

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА**

МЕВЛИЯНОВ М.Д., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. РУДАКОВ А.И.

Удорожание производства топливно-энергетических ресурсов и растущее загрязнение окружающей среды выдвинули на первый план задачу поиска новых, экологически чистых энергосистем, которые обеспечивали бы удовлетворение нужд промышленности и населения при минимальных затратах материальных ресурсов.

Биогазовые технологии – радикальный способ обезвреживания и переработки разнообразных органических отходов растительного и животного происхождения, включая экскременты животных и человека, с одновременным получением высококалорийного газообразного топлива. В настоящее время благодаря передовым разработкам в области дизельных и газопоршневых двигателей, микротурбин и другого теплообменного оборудования, когенерационные установки могут успешно применяться даже потребителями малой мощности.

Установка когенерационного цикла состоит из двигателя, который проводит в действие генератора для выработки электроэнергии и котла-утилизатора, используемого для утилизации тепла.

Большие перспективы имеет использование биогаза, в частности, как топлива для двигателя Стирлинга. Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой жидкое или газообразное рабочее тело движется в замкнутом объеме, это одна из разновидностей двигателя внешнего сгорания. Основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела с получением энергии из возникающего при этом изменения объема рабочего тела. Используемые для получения биогаза органические вещества в основном являются отходами различных отраслей народного хозяйства.

Когенерационные установки, вырабатывая тепловую и электрическую энергию, обеспечивают экономию топлива более 35 % по сравнению с традиционными способами производства энергии. Это открывает большие перспективы для развития данной технологии.

УДК 621.313

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ВЫСОКОМОМЕНТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

МИРЗАЯНОВ Р.Р., УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. ВАВИЛОВ В.Е.

В последние годы постоянные магниты все активнее применяются в системах возбуждения синхронных двигателей. Такие положительные качества синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ), как отсутствие скользящих контактов, хорошие энергетические показатели, высокая стабильность частоты вращения в пределах одного оборота ротора, способность работать в приводах синфазного вращения и обусловили тот повышенный интерес, который проявляет к ним ряд отечественных и зарубежных организаций.

В связи с этим возникает задача построения СДПМ с наиболее эффективным подбором параметров: коэффициента полезного действия, плотности тока, номинальной нагрузки, соотношения массы и мощности СДПМ.

Авторами работы были рассчитаны СДПМ мощностями 5, 10 и 15 кВт при условии, что плотность тока изменяется незначительно (так как с изменением плотности тока меняется и температура нагрева проводов). Плотность тока оставалась равной приблизительно  $5 \text{ А/мм}^2$ .

Для расчета СДПМ авторами использовалась ранее написанная программа «Расчет высокомоментного синхронного двигателя с постоянными магнитами», реализованный в математическом пакете MathCad. Программа отправлена авторами в Федеральный институт промышленной собственности РОСПАТЕНТа на получение всех имущественных прав.

В результате исследований установлено, что при увеличении мощности СДПМ в два раза масса двигателя увеличилась с 5,8 кг на 500 грамм (8,6 %), а при увеличении мощности в три раза масса двигателя увеличилась на 1800 грамм (31 %). Коэффициент полезного действия во всех трех двигателях не ниже 99,4 %.

Полученные результаты могут быть полезны и использованы на практике при проектировании высокомоментного СДПМ.

УДК 519.71

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

МИТРЯЕВ Я.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. доц. МАЛЁВ Н.А.

При функционировании электропривода его параметры могут быть подвержены непредвиденным изменениям или не могут быть по ряду причин известны с достаточной точностью. Такая неопределенность и изменяющиеся параметры, нарушающие заданное протекание переходных процессов в системе, обычно обусловлены влиянием неконтролируемых параметрических возмущающих воздействий.

Для решения данной задачи применяется принцип, основанный на использовании эталонной модели. Система состоит из основного контура управления и контура самонастройки, одним из элементов которого является эталонная модель. Контур самонастройки обеспечивает экстремум критерия самонастройки, представляющего собой функцию от невязки.

Эталонная модель реализует желаемую динамическую характеристику основной системы. Настройка необходима для компенсации параметрических возмущений, отклоняющих выходную характеристику основного контура управления от выходной характеристики эталонной модели.

На рис. 1 представлены графики реакции системы на единичное ступенчатое воздействие при разомкнутом (сверху) и замкнутом (снизу) контуре самонастройки.

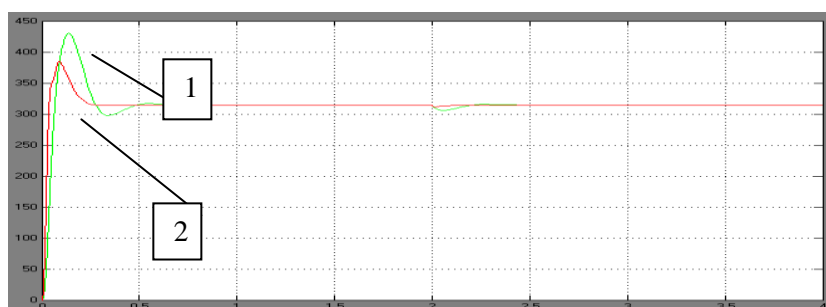


Рис. 1. Переходные характеристики

График переходного процесса при параметрических возмущениях (1) характеризуется перерегулированием порядка 37 %. Замыкание контура самонастройки приводит к переходному процессу, идентичному эталонному процессу (2) с перерегулированием 22 %. Электроприводы с эталонными моделями отличаются возможностью относительно простой реализации

и позволяют обеспечить устойчивость и высокие качественно-точные показатели процессов управления при влиянии параметрических возмущающих воздействий.

УДК 621.314

## **ОБЗОР РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ МАТРИЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ**

МОРОЗОВ А.В., ИжГТУ, г. Ижевск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БАРСУКОВ В.К.

Матричный преобразователь частоты (МПЧ) – это универсальный преобразователь электрической энергии, применяемый для питания двигателей переменного тока. По сравнению с широко распространенными двухзвенными преобразователями, МПЧ имеет более высокие массогабаритные показатели и к.п.д. Существующие алгоритмы управления матрицей силовых ключей для микропроцессорной реализации имеют свои достоинства и недостатки.

Одной из задач при разработке способов управления матричными преобразователями частоты (МПЧ) является получение неискаженных синусоидальных выходных напряжений и входных токов преобразователя. В настоящее время известна классификация алгоритмов на следующие основные группы: скалярные, пространственно векторные, методы «непрямого преобразования» и другие. С целью сравнения характеристик МПЧ при использовании различных алгоритмов управления была применена среда Simulink MATLAB. Спектральный состав токов и напряжений исследован при помощи средства FFT Analysis.

Произведено исследование способов управления МПЧ для асинхронного электродвигателя на примере алгоритма Вентурини, Роя и простейшего метода «непрямого преобразования». Использование алгоритма Вентурини позволяет добиться практически идеальной электромагнитной совместимости с питающей сетью даже при отсутствии входного LC фильтра. Вместе с этим отмечаются ухудшения качества выходного напряжения, вызванные, возможно, погрешностями в реализации системы управления. Матричный преобразователь позволяет получать амплитуду выходного напряжения до 0,86 от амплитуды входного, а также регулировать входной коэффициент мощности. Выходная частота МПЧ может быть как ниже, так и выше частоты питающей сети.

УДК 621.38

## СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

МУГИНОВ И.Р., ГАТИЯТУЛЛИНА А.Р., АХМЕТОВ Р.Р.,  
ФАХРАЗИЕВ М.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, доц. КАЛИМУЛЛИН Р.И.

Проблема создания высокоэффективных источников питания всегда стояла чрезвычайно остро. Но если раньше причиной поиска новых решений служило, прежде всего, желание миниатюризации, то сейчас на передний план вышла именно энергоэффективность как таковая, за счет минимизации потерь в преобразователях электроэнергии.

Снижение потерь мощности в элементах преобразователей осуществляется по двум направлениям.

1) Схемотехническое. Здесь применяются не просто импульсные преобразователи, имеющие высокий к.п.д., но и специальные цепи, формирующие траекторию переключения транзисторов, применение синхронных выпрямителей на МОП-транзисторах вместо диодов и т.д.

2) Использование энергоэффективной элементной базы (МОП-транзисторы и диоды Шоттки в низковольтных цепях, IGBT и диоды Шоттки из карбида кремния в высоковольтных схемах).

Эти два направления развиваются одновременно, влияя друг на друга. Так, синхронные выпрямители получили широкое распространение именно после появления низкоомных МОП-транзисторов.

Важное, если не первостепенное значение в последнее время получило качество электроэнергии, что особенно актуально для импульсных преобразователей, не только значительно снижающих коэффициент мощности, но и вносящих в сеть значительные электромагнитные помехи. Применение высокочастотных фильтров и корректоров коэффициента мощности стало обязательным требованием при создании современных импульсных источников электропитания.

Разработка современной электронной аппаратуры ведется с помощью средств автоматизированного проектирования, схемотехнического моделирования. Профессиональные программы, такие как OrCAD, чрезвычайно дороги для их применения в вузе, но полупрофессиональные и учебные пакеты, такие как Multisim, Micro-Cap, позволяют приобрести необходимые навыки, которые в будущем могут применяться в профессиональной деятельности.

УДК 620.9

## **ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ И ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНЫЙ ИСТОЧНИК ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

МУЛЛАГАЛИН М.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СИДОРОВ А.Е.

Геотермальная энергетика (геотермальные электростанции в том числе) является одним из самых перспективных видов получения альтернативных источников энергии. Технология преобразования геотермальной энергии в электроэнергию зависит в основном от параметров теплоносителя. Большинство геотермальных районов содержат воду умеренных температур (ниже 200 °С). На электростанциях с бинарным циклом производства эта вода используется для получения энергии. Горячая геотермальная вода и вторая дополнительная жидкость с более низкой точкой кипения, чем у воды, пропускаются через теплообменник. Тепло геотермальной воды выпаривает вторую жидкость, пары которой приводят в действие турбины. Так как это замкнутая система, выбросы в атмосферу практически отсутствуют. Воды умеренной температуры являются наиболее распространенным геотермальным ресурсом, поэтому большинство геотермальных электростанций будущего будут работать на этом принципе.

Использование геотермальной энергии имеет много положительных факторов. Страны, где она применяется, меньше зависят от нефти и газа. Каждые десять мегаватт электроэнергии, получаемые на геотермальных электростанциях, помогают экономить до 130 000 баррелей сырой нефти ежегодно. Так, к примеру, в России Мутновская геотермальная электростанция на протяжении ряда лет демонстрирует устойчивую работу и производит дешевую электроэнергию, себестоимость которой составляет около 1,0 цента/кВт·ч. Проблема истощения геотермальных ресурсов во много раз ниже, чем в случае со многими другими энергетическими ресурсами. Уже сегодня геотермальная энергетика обеспечивает более 25 % потребности в электроэнергии Камчатки, что позволяет ослабить зависимость полуострова от поставок дорогостоящего топлива.

УДК 621.22

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОУДАРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

МУЛЛАЯНОВ А.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. РУДАКОВ А.И.

Гидротараном называют водоподъемник, основанный на явлении гидравлического удара.

Принцип работы гидротарана следующий.

Вода течет по наклонной трубе самотеком и свободно вытекает через клапан 1. Если резко закрыть клапан, то вода, обладающая кинетической энергией движения, затратит свою энергию на сжатие воды и на расширение стенок трубы. В начальный момент времени повышенное давление возникнет в конце трубы у клапана 1. Затем зона повышенного давления будет распространяться к началу трубы со скоростью  $c$ . Через некоторый промежуток времени  $t$ , равный

$$t = \frac{L}{c}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина трубы, скачок уплотнения дойдет до начала трубы, и вся вода в трубе остановится. Начиная с этого момента, сжатая вода в начале трубы расширится. Ведь начало трубы открыто. Давление понизится, и к концу трубы, к клапану 1, побежит скачок пониженного давления. Затем эти процессы будут повторяться. В трубе возникнут затухающие колебания.

В гидротаране стоит клапан 2, который открывается при повышении давления в трубе и поток жидкости по инерции проходит сквозь клапан 2 в воздушный колпак – аккумулятор. От воздушного аккумулятора отходит водопровод, который подает воду в накопительную емкость на высоту  $h_2$ . Давление в аккумуляторе в момент открытия клапана 2 равно давлению столба жидкости в водопроводе. Давление в основной трубе должно быть больше давления столба жидкости в водопроводе, иначе вода в аккумулятор не пойдет. Скачок давления меньший по величине, чем в рассмотренном выше случае, распространяется к началу трубы с той же скоростью  $c$ . Затем из конца трубы к клапану 2 пойдет волна разряжения. Клапан 2 закрывается, клапан 1 открывается, вода, разогнавшись в трубе до номинальной скорости, захлопывает клапан 1, и процесс повторяется.



УДК 621.311.21

## **ВЫРАВНИВАНИЕ БАЛАНСА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ МИНИ-ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

МУРТАЗИН Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МАРКИН О.Ю.

В настоящее время достаточно большое количество предприятий увеличивают количество потребляемой мощности, а генерирующие компании не всегда успевают за растущими потребностями потребителей. Так, например, для современных электромеханических преобразователей необходим ввод 8–9 млн кВт электроэнергии в год, а вводится только 3 млн кВт. Одним из путей выравнивания баланса электроэнергии является применение малогабаритных электрических станций (мини-ГЭС) рядом с потребителями.

Энергия малых рек является весьма привлекательным среди других видов ВИЭ по перспективам внедрения. Объясняется это высокой энергетической плотностью потока воды и относительной временной стабильностью режима стока большинства рек. Большая плотность воды, по сравнению с воздухом, определяет, при прочих равных условиях, соответствующее уменьшение размеров и стоимости гидротурбины, по сравнению с ветроколесом. Стабильность потока воды позволяют использовать более простые и дешевые системы генерирования производимой электроэнергии. В итоге гидроэлектростанции производят более дешевую электроэнергию по сравнению с другими ВИЭ.

Мини-ГЭС являются экологически чистыми, надежными источниками электроэнергии для деревень, дачных поселков, фермерских хозяйств, небольших производств в отдаленных, горных и труднодоступных районах, где нет поблизости линий электропередач, так как строить такие линии сейчас будет дороже и дороже, чем приобрести и установить мини-ГЭС. Эти электростанции не требуют затопления территорий для создания водохранилищ, больших затрат на капитальное строительство и прокладки дорогих ЛЭП, они могут быть установлены в непосредственной близости от потребителя, что в свою очередь также снижает потери электроэнергии.

УДК 621.316

**ЗАМЕНА НЕЗАГРУЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

МУХАМЕТЗЯНОВА А.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

При нагрузке ЭД в пределах 45–70 % номинальной мощности целесообразность их замены должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь активной мощности. Эти суммарные потери активной мощности могут быть определены по формуле:

$$\Delta P = [Q_{xx} \cdot (1 - k_n^2) + k_n^2 \cdot Q_n] \cdot k_n + \Delta P_{xx} + k_n^2 \cdot \Delta P_{nn},$$

где  $Q_{xx} = \sqrt{3} \cdot U_n I_{xx}$  – реактивная мощность, потребляемая электродвигателем из сети при холостом ходе, кВАр;  $I_{xx}$  – ток холостого хода ЭД, А;

$U_n$  – номинальное напряжение ЭД, В;  $k_n = \frac{P}{P_n}$  – коэффициент нагрузки ЭД;  $P$  – средняя нагрузка ЭД, кВт;  $P_n$  – номинальная мощность ЭД, кВт;

$Q_n = \frac{P_n}{\eta} \cdot \operatorname{tg} \varphi$  – реактивная мощность ЭД при номинальной нагрузке, кВАр;

$\eta$  – к.п.д. электродвигателя при полной нагрузке;  $\operatorname{tg} \varphi$  – производная от номинального коэффициента мощности ЭД;  $k_n$  – коэффициент повышения потерь, кВт/кВАр;

$\Delta P_{xx} = P_n \left( \frac{1 - \eta}{\eta} \right) \cdot \left( \frac{\gamma}{1 + \gamma} \right)$  – потери активной мощности при холостом ходе ЭД, кВт;

$\Delta P_{nn} = P_n \cdot \left( \frac{1 - \eta}{\eta} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + \gamma} \right)$  – прирост потерь активной мощности в ЭД при нагрузке 100 %, кВт;

$\gamma = \frac{P_{xx}}{P_{nn}}$  – расчетный коэффициент, зависящий от конструкции ЭД и определяемый из выражения

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{(1 - \eta, \%) - \Delta P_{xx}}; \Delta P_{xx}, \% \text{ – потери холостого хода в процентах активной мощности, потребляемой двигателем при загрузке 100 \% .}$$

Если средняя нагрузка электродвигателя менее 45 % номинальной мощности, то замена его менее мощным электродвигателем всегда целесообразна. При нагрузке электродвигателя (ЭД) более 70 % номинальной мощности можно считать, что замена его нецелесообразна.

УДК 658.26

**ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОГРАММ**

МУХАМЕТЗЯНОВА Ф.М., КГЭУ, г. Казань  
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РОЖЕНЦОВА Н.В.

Программа энергосбережения является документом, регулирующим деятельность специализированных организаций в области энергосбережения. Основной целью реализации программы является внедрение в эксплуатацию специально разработанного энергосберегающего оборудования, а также материалов и конструкций для экономии энергии.

Одним из основных этапов разработки программы энергосбережения является оценка затрат, расчет расходов на внедрение мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности и определение их сроков окупаемости.

Все мероприятия по энергосбережению можно классифицировать по трем группам:

- организационные и малозатратные – мероприятия, которые могут быть реализованы самим потребителем ТЭР (срок окупаемости до 2-х лет);
- средnezатратные – предполагающие более полную автоматизацию процессов с заменой вспомогательного сравнительно недорогого оборудования (срок окупаемости от 2-х до 5 лет);
- долгосрочные, крупнозатратные – требующие значительных капитальных затрат, связанные с реконструкцией самого объекта и изменением его расчетных характеристик (срок окупаемости более 5 лет).

Путей энергосбережения великое множество, но общее в них то, что в любых мероприятиях должна быть экономическая целесообразность. Рекомендации по энергосбережению должны учитывать окупаемость мероприятий.

Разработка классификации энергосберегающих мероприятий по сроку окупаемости позволяет правильно определять затраты и сбережения на реализацию программ и проектов энергосбережения.

УДК 628.9

**ДИММИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП**

МУХАМЕТШИН А.И., ГАЛИМХАНОВ З.Т., КГЭУ, г. Казань  
 Науч. рук. канд. техн. наук, проф. СИДОРЕНКО С.Р.

Необходимость в уменьшении яркости свечения лампы возникает довольно часто. Это и снижение потока света, и изменение световой кар-

тины помещения, перевод освещения в «дежурный режим» с целью сокращения расходов.

Устройством, предназначенным для регулировки яркости света, являются диммер. Подключение диммера производится в разрыв цепи питания лампы. Возможно подключение диммера вместо обычного выключателя, поэтому большинство диммеров рассчитаны на установку в стандартную арматуру.

Существует некоторый порог, при подаче мощности ниже которого лампа прекращает светиться. Это значение называют порогом диммирования и выражают в процентах от номинальной мощности источника света.

Для диммирования светодиодов используется способ, при котором светодиод питают импульсами постоянного тока, амплитуда которых равна оптимальному значению тока. Ширина импульсов варьируется, при этом меняется яркость свечения. Порог диммирования для светодиодов составляет 0 %.

Самой весомой причиной, по которой сейчас стоит применять светодиоды для освещения – это сочетание высокой светоотдачи и пригодность к диммированию в широких пределах. Лампы ДНаТ выигрывают у светодиодов по светоотдаче, но их очень сложно диммировать, к тому же порог диммирования составляет 50 %. Из всех энергосберегающих источников света нулевым порогом диммирования обладают только ГЛН и светодиоды. Диммирование не оказывает никакого влияния на срок службы светодиодов.

Выигрыш от использования светодиодов будет особенно заметен в системах «умного дома», где осуществляется регулировка яркости в широких пределах в зависимости от присутствия людей в помещении, времени суток и других факторов. При использовании такой системы достигается значительная экономия электроэнергии даже по сравнению с источниками света, имеющими большую светоотдачу.

УДК 621.548.620.9

## **КОНСТРУКЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

МУХУТДИНОВ Р.М, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МАРКИН О.Ю.

Ротор Дарье представляет собой симметричную конструкцию, состоящую из двух и более аэродинамических крыльев, закрепленных на ра-

диальных балках. На каждое крыло, движущееся относительно потока, действует подъемная сила, величина которой зависит от угла между векторами скорости потока и мгновенной скорости крыла. Максимального значения подъемная сила достигает при ортогональности данных векторов. Ввиду того, что вектор мгновенной скорости крыла циклически изменяется в процессе вращения ротора, момент силы, развиваемый ротором, также является переменным. Поскольку для возникновения подъемной силы необходимо движение крыльев, ротор Дарье характеризуется плохим самозапуском. Самозапуск улучшается в случае применения трех и более лопастей, но и в этом случае требуется предварительный разгон ротора.

Ротор Дарье относится к ветроприемным устройствам, использующим подъемную силу, которая возникает на выгнутых лопастях, имеющих в поперечном сечении профиль крыла. Ротор имеет сравнительно небольшой начальный момент, но большую быстроходность, в силу этого – относительно большую удельную мощность, отнесенную к его массе или стоимости.

Работа ротора Дарье не зависит от направления потока. Следовательно, турбина на его основе не требует устройства ориентации. Ротор Дарье характеризуется высоким коэффициентом быстроходности при малых скоростях потока и высоким коэффициентом использования энергии потока: площадь, ометаемая крыльями ротора, может быть достаточно большой.

Поэтому возникает задача создания новых конструкций ВЭУ, способных работать при низких скоростях ветра с достаточной мощностью, которые могут быть пригодны для обеспечения электроснабжения мобильных бригад электромонтажников, работающих в полевых условиях.

УДК 621.38

## **ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ НА ШИМ-КОНТРОЛЛЕРАХ**

МИНИБАЕВ М.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ЕНИКЕЕВА Г.Р.

В настоящей работе рассматриваются импульсные источники питания на контроллерах широтно-импульсной модуляции.

Широтно-импульсная модуляция, или ШИМ, это операция получения изменяющегося аналогового значения посредством цифровых устройств. Устройства используются для получения прямоугольного импуль-

са – сигнала, который постоянно переключается между максимальным и минимальным значениями. Данный сигнал моделирует напряжение между максимальным значением (5 В) и минимальным (0 В), изменяя при этом длительность времени включения 5 В относительно включения 0 В. Длительность включения максимального значения называется шириной импульса. В работе приведены такие микросхемы, как UC3842, предназначенные для построения стабилизированных импульсных источников питания. Подробно объяснены особенности интегральной схемы, связанные с ее питанием и поддержанием нормальной работы.

В типовом варианте импульсный блок питания условно можно разделить на три функциональные части. Это:

1. ШИМ (PWM)-контроллер, на базе которого собирается задающий генератор обычно с частотой около 30...60 кГц;

2. Каскад силовых ключей, роль которых могут выполнять мощные биполярные, полевые или IGBT (биполярные с изолированным затвором) транзисторы; этот силовой каскад может включать в себя дополнительную схему управления этими самыми ключами на интегральных драйверах или маломощных транзисторах; также важна схема включения силовых ключей: мостовая (фул-бридж), полумостовая (халф-бридж) или со средней точкой (пуш-пул);

3. Импульсный трансформатор с первичной(ыми) и вторичной(ыми) обмоткой(ами) и, соответственно, выпрямительными диодами, фильтрами, стабилизаторами и пр. на выходе; в качестве сердечника обычно выбирается феррит или альсифер; в общем, такие магнитные материалы, которые способны работать на высоких частотах (в некоторых случаях свыше 100 кГц).

УДК 697

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ДОМА РОССИИ**

НИКОЛАЕВ А.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РОЖЕНЦОВА Н.В.

Россия – одна из самых энергозатратных стран в мире. ВВП РФ практически в два раза выше среднемирового и в три раза выше европейского. По данным за 2008 г. энергоемкость ВВП составляет 0,42 (килограмм условного топлива на единицу национальной валюты).

В связи с этим были поставлены задачи о снижении энергоемкости ВВП до 2020 г. по отношению к 2008 г. на 40 %. 11 ноября 2009 г. был

принят Закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», целью которого является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

После принятия закона во многих регионах стала осуществляться застройка энергоэффективных домов. Почти в каждом Федеральном Округе Российской Федерации реализованы объекты такого типа. Подобные дома оборудованы современной теплоизоляцией, которая позволила существенно снизить тепловые потери здания. В качестве дополнительных источников энергии использованы геотермальные системы, солнечные коллекторы, солнечные электростанции. Так же для реализации мероприятий по энергосбережению применялись калориферы, вентиляционные установки, рекуператоры, современные счетчики электрической энергии. Помимо этого почти каждая инженерная система оборудована автоматизированными системами, которые полностью контролируют процесс.

Энергоэффективные дома не обошли стороной и Республику Татарстан. Как в Казани, так и в других городах были построены подобные объекты с применением современных энергосберегающих технологий и внедрением автоматизированных систем управления.

Реализуемые мероприятия в энергоэффективных домах позволили сократить расходы на потребление энергоносителей от 10 до 70 %, в зависимости от системы, в которой были применены. По расчетам сроки окупаемости внедренного оборудования составляют до 14 лет, что приемлемо для жилищного коммунального хозяйства.

УДК 621.311

## **ПРОВЕДЕНИЕ ЭНЕРГОАУДИТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ПЕРВИЧНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ**

НОВИЦКИЙ И.Д., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ФЕТИСОВ Л.В.

Энергетическое обследование промышленных предприятий, будь оно обязательным или добровольным, имеет схожие цели – это сокращение издержек на потребление энергетических ресурсов, достижение оптимальных показателей энергосбережения, что, в конечном итоге, способствует снижению себестоимости продукции.

Наилучшим образом достичь этих целей помогает детальный (полный, комплексный) энергоаудит всех объектов, относящихся к конкретному предприятию, с разработкой индивидуальной программы по внедрению энергосберегающих мероприятий.

Целями энергетического обследования предприятия являются:

- технико-экономическое инспектирование объектов энергогенерирования, энергораспределения и энергопотребления;
- выявление возможностей, направлений, путей экономии, рационального использования энергетических ресурсов;
- разработка мероприятий по повышению энергоэффективности, снижению затрат на энергоресурсы.

Результатом энергоаудита является:

- заключение о качестве получаемых энергоресурсов;
- рекомендации по проведению мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности выпускаемой продукции;
- рекомендации по внедрению мероприятий (в том числе изменений в технологии), направленных на повышение энергоэффективности выпускаемой продукции;
- рекомендации по замене потребляемых энергоресурсов иными видами ресурсов.

УДК 621.316:681.5

## **АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОМПЛЕКТНЫХ УСТРОЙСТВ**

НОГМАНОВ Р.В., РОМАНОВ А.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ХАТАНОВА И.А.

Задача проектирования щитов низковольтных комплектных устройств играет важную роль в современном развивающемся мире. Громадная, кропотливая и трудоемкая работа ложится на плечи инженеров-проектировщиков. Это связано с тем, что в самой задаче проектирования щитов НКУ лежит громоздкая нагрузка, связанная с расчетом токов короткого замыкания, ограничений по перегрузкам в аварийных ситуациях, технико-экономических показателей. И в среде быстро развивающегося технического мира появилась громадная потребность в системах автоматического проектирования.



Популярные во всем мире производители электрических товаров уже имеют в своем арсенале подобного рода программы. Например, французская фирма Legrand использует для компоновки низковольтных комплектных щитов программную среду XLPro, позволяющую быстро выбрать и заказать установку. В этой же программе можно составить ряд сопутствующих документов, таких как электрическая схема установки, перечень оборудования из каталога, чертеж собранного оборудования, смета стоимости, стоимость и сроки монтажа.

Программа позволяет создавать 3D модели оборудования, которые позволяют наглядно рассмотреть все составные части и продемонстрировать чистовой вариант сборки. Компания Schneider Electric, предлагает, в свою очередь, программу Sispro LE, которая является, несомненно, конкурентоспособной и не менее интересной для потребителя.

Все рассмотренные программы, безусловно, хороши, но основным минусом можно считать узкую направленность программ на собственный каталог. Это не дает возможности сравнить результаты быстро.

На примере этих программ можно выявить ряд недостатков, связанных с созданием проектной документации и сделать вывод, что автоматические средства проектирования необходимы инженерам-проектировщикам, но они требуют усовершенствования и отладки.

УДК 621.316.79, 62-545.2

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ПЕРСОНАЛЬНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭМУЛЯТОРА ДВС**

ПАЛАТКИН И.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. ИВАНОВ Д.А.

Современный автомобиль оборудован электроникой не меньше, чем персональный компьютер, и ей надо управлять. Для этого существуют электронные блоки управления двигателем внутреннего сгорания, и как любое сложное электронное устройство оно может давать сбой. В связи с этим есть необходимость создания устройства, эмулирующего работу реального ДВС с целью мониторинга и проверки корректности работы ЭБУ.

Рабочий диапазон интерфейсов ввода-вывода современного компьютера не позволяет напрямую подключить ПК к ЭБУ. Проблемы подключения связаны с тем, что электрические параметры ввода-вывода ЭБУ могут

выходить за рабочий диапазон электрических интерфейсов современного компьютера. Поэтому возникает необходимость в промежуточном звене между ЭБУ и ПК-устройстве сопряжения.

Прежде всего необходимо знать, что основу электронной системы управления ДВС составляет электронный блок управления двигателем, датчики системы управления и электрические исполнительные механизмы системы управления. Таким образом, разрабатываемое устройство сопряжения ЭБУ с ПК должно состоять из схем эмуляции и согласования каждого датчика и исполнительного механизма системы управления двигателем. Схемы сопряжения должны обеспечить заданные параметры по току потребления, величине питающего напряжения и сопротивления датчиков и исполнительных механизмов.

Мы приводим обоснование возможности и целесообразности подключения ЭБУ к ПК для контроля работы ЭБУ ДВС путем создания устройства сопряжения и эмуляции, включающего в себя схемы сопряжения и эмуляции работы реальных датчиков и исполнительных механизмов системы управления двигателем внутреннего сгорания.

УДК 681.3:378.1

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОДУЛЕЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА 68HC12**

ПЕТРОВ К.С., АНДРЕЯНОВ А.И., РАХИМОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань  
Научн. рук. канд. пед. наук, доц. АХМЕТВАЛЕЕВА Л.В.

Проектирование, программирование, создание сложных систем управления на основе микроконтроллера требует наличие большого опыта и значительного задела практической работы с ними. Эффективность функционирования таких систем определяется оптимальным выбором компонентов, встроенных средств используемых микроконтроллеров, а также методов и способов их программирования.

Предлагаемое устройство представляет собой программно-аппаратные средства поддержки для исследования режимов функционирования модулей последовательного интерфейса микроконтроллера 68HC12. Наша разработка предназначена для отображения результатов исследования синхронного режима модуля SPI для реализации периодического обмена данными между микроконтроллером и микросхемой часов реального времени, микроконтроллером и термодатчиком. Кроме этого ис-

следованы режимы асинхронного модуля SCI на примере реализации кольцевого обмена и сравнения посланного и принятого символа, а также обработки по запросу прерывания SCI посылки и приема символов с формированием и анализом контрольных битов.

Данная разработка является модернизацией комплекса оборудования для обучения проектированию и программированию систем управления на базе микроконтроллера *68HCS12*.

Созданное устройство может быть применимо как и для изучения возможностей и формирования начальных навыков программирования, так и при разработке и исследовании более сложных систем последовательной обработке данных.

УДК 621.311

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СРЕДСТВАМИ ПЛК**

ПОТАНИН В.А, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЦВЕТКОВ А.Н.

Высокие темпы развития производства ведут к непрерывному повышению потребления электроэнергии. Рост нагрузок в населенных пунктах и на производстве ухудшает качество электроэнергии. Кроме того, в настоящее время интенсивно развиваются компьютерные системы связи и обработки информации, автоматические системы управления технологическими процессами и производственными комплексами. При несоответствии качества потребляемой электроэнергии и перерывов в электроснабжении таких систем могут привести не только к сбоям в работе, но и к аварийным ситуациям, последствиями которых может быть значительный ущерб.

Целью анализа является выявить принципы построения системы измерения параметров электрической сети и способов управления сетью для поддержания ее нормальных характеристик.

Основные задачи работы можно сформулировать так: разработка алгоритма диспетчеризации, разработка системы измерения показателей сети средствами программируемых микроконтроллеров, разработка системы управления показателями сети, средствами программируемых микроконтроллеров.

Одним из эффективных способов повышения надежности электроснабжения является применение в составе систем диспетчеризации элек-

троснабжения свободно программируемых и свободно конфигурируемых устройств, таких, как программируемые реле, программируемые контроллеры и программно-аппаратные комплексы. Это обусловлено тем, что все меньше типовых задач можно решить простыми устройствами КИП и все большие требования предъявляются к алгоритму работы системы. Как следствие, системы управления становятся более интеллектуальными.

УДК 621.313.33

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНОМ ГЕНЕРАТОРЕ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**

РЕШЕТНИКОВ А.П., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИВШИН И.В.;

канд. техн. наук, доц. ЧУРАЕВ Р.Р.

Данная работа затрагивает проблемы проектирования линейного генератора с постоянными неодимовыми магнитами. Основная задача исследования – создание опытного образца с заданными характеристиками – выходной мощностью не менее 10 кВт, способностью варьирования частоты от 0 до 100 Гц при скорости движения транслятора до 15 м/с. Кроме того, необходимы результаты в снижении массогабаритных показателей в сравнении с ранее разработанными за рубежом экземплярами.

Для решения полевых задач используется Ansys Maxwell, для исследования прочностных и температурных характеристик – Ansys Mechanical, Autodesk Inventor, Ansys Fluent и т.п. После тщательного анализа патентной базы не осталось сомнений в актуальности и новизне проводимых работ.

Сам автор занимается оптимизацией электрической части данной машины и изучением зарубежных подобных работ. Поставлены задачи по выбору современных материалов для всей конструкции с особым упором на выбор материала постоянных магнитов. Отчетом по проделанной работе будет являться анализ нескольких форм транслятора и статора с дальнейшим выбором образца с наилучшими технико-экономическими и механическими показателями.

Данная машина может применяться в системах электроснабжения как резервный источник питания. При этом открывается широкий спектр применения данного устройства в различных отраслях промышленности.

УДК 621.3

## **ТРЕХФАЗНОЕ КОММУТАЦИОННОЕ СИММЕТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО**

САВЕЛЬЕВ А.А., МарГУ, г. Йошкар-Ола

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ОРЛОВ А.И.

Напряжение обратной последовательности, появляющееся в несимметричной трехфазной сети приводит к электрическим потерям в ней и крайне негативно влияет на работу как однофазных, так и трехфазных электроприемников. Так, однофазные устройства, запитанные от фаз с большим, отличающимся от номинала, напряжением, в результате его несимметрии подвергаются риску выхода из строя или существенным сокращением срока службы. Отрицательное влияние несимметрия напряжений оказывает на устройства электропривода.

К традиционно применяемым устройствам симметрирования нагрузки относятся симметрирующие трансформаторы типа ТМГСУ и др., устанавливаемые в КТП отдельно или как часть питающего трансформатора. Конструктивно представляют собой трансформаторы с обмоткой, навитой поверх основных фазных обмоток, и подключенной к нулевому проводу так, что магнитный поток этой обмотки направлен встречно магнитному потоку нулевой последовательности фазных обмоток. Известные другие устройства трансформаторного типа. В работе рассматривается автоматическое устройство симметрирования нагрузки коммутационного типа для линий электропередачи 0,4 кВ и его алгоритмы управления. Ожидается, что устройство позволит равномерно распределить нагрузку между фазами трехфазной системы электропередачи путем переключения однофазных нагрузок на менее нагруженные фазы, круговой перестановки или изменения порядка чередования фаз. Силовая схема включает электроконтактные и полупроводниковые ключевые элементы, обеспечивающие высокую скорость коммутации и минимальные рабочие потери.

Работа поддержана грантом по программе «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

УДК 621.31

## **ВНЕДРЕНИЕ ЕДИНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОСТРОЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

САДОВСКАЯ К.О., НИУ «МЭИ», г. Москва  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РАГУТКИН А.В.

В наши дни становится актуальным введение энергоэффективных производств, технологий и машин. Цены на электроэнергию растут, соответственно растет и потребность в снижении затрат. Расширяя или модернизируя своё дело, следует предусмотреть как можно больше вариантов по дальнейшему сокращению электропотребления.

При рассмотрении центров обработки данных (ЦОД) следует отметить, что гораздо легче реализовать меры по экономии электроэнергии в проектируемых объектах, чем в уже построенных дата-центрах.

Меры, рекомендуемые для нового строительства:

– при выборе инженерной инфраструктуры ЦОД максимально учитывать его потребности (ЦОДа);

– контроль эффективности систем вентиляции и кондиционирования (например, снизив длину воздуховодов, можно сократить энергопотребление вентиляторами, а регулирование температур на выходе и входе позволит создать условия для упрощения комплекса по увлажнению воздуха), использование экономичных режимов работы кондиционеров, координация их работы;

– разработка эффективных планов расстановки оборудования;

– эксплуатация современных источников бесперебойного питания.

Меры, применяемые в существующем ЦОДе:

– виртуализация серверов (это привносит серьезные высвобождения мощностей от охлаждения и электроснабжения);

– эффективное оборудование электропитания;

– отладка систем кондиционирования;

– эффективные режимы работы освещения и новые, более экономичные источники света.

Можно сказать, что энергоэффективность зависит от специальных мер, которые должны быть прописаны в своде правил по проектированию центров обработки данных. Основываясь на опыте зарубежных коллег и учитывая особенности российских ГОСТов, следует установить единые рекомендации по построению дата-центров.

УДК 621.311

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМЕ MATLAB (SIMULINK)**

САДЫКОВ И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САФИН А.Р.

Пакет программ MatLab предназначен для аналитического и численного решения различных математических задач, а также для моделирования электротехнических и электромеханических систем. MatLab получил наиболее распространенное применение в инженерной практике в отличие от других подобных программ (Mathematica, Maple, Mathcad). MatLab (сокращенное название Matrix Laboratory) является интерактивной системой для выполнения научных и инженерных расчетов. В состав системы входит ядро компьютерной алгебры Maple и пакет расширения Simulink, а также десятки других пакетов расширений, что позволяет моделировать сложные электротехнические устройства.

Целью научно-исследовательской работы является моделирование электроснабжения для выполнения многовариантных расчетов и оптимизации режимов систем электроснабжения промышленных предприятий с учетом наиболее значимых факторов, определяющих потребление электрической энергии.

Для выполнения сформулированной цели были поставлены следующие научно-исследовательские задачи:

– разработка методики решения уравнений в программном комплексе Matlab, обладающей высокой устойчивостью получения решения, позволяющей выполнять расчеты нормальных, аварийных и послеаварийных режимов;

– разработка математических моделей элементов системы электроснабжения промышленных предприятий: цеховой трансформатор, кабельные и воздушные линии, нагрузки, конденсаторные батареи;

– разработка методики выполнения расчетов электрических режимов систем электроснабжения промышленных предприятий с учетом потерь в элементах системы; на базе ее применения сформулированы методические положения по оценке целесообразности применения компенсирующих устройств, выбора мощности трансформаторов в цеховых трансформаторных подстанциях, коммутационной и защитной аппаратуры.

УДК 621.314.25

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЦЕПЯХ ГПП-3**

САЙФУТДИНОВ Р.Ф., (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВИЛЬДАНОВ Р.Г.

В условиях постоянного ухудшения технического состояния распределительных сетей из-за отсутствия необходимых средств на своевременную замену и качественный ремонт поврежденного электрооборудования все острее становится проблема поддержания на достаточно необходимом уровне надежности работы систем электроснабжения потребителей электрической энергии.

Для проведения исследований была взята главная понизительная подстанция ГПП-3, выполненная тупиковой подстанцией глубокого ввода с глухим присоединением по упрощенному варианту без выключателей на стороне 110 кВ.

В программе Simulink была собрана модель для исследования однофазных замыканий на землю. По результатам анализа были получены диаграммы осциллографов, по которым можно сделать следующие выводы: ток замыкания может достигать высоких значений на много выше токов в кабельной линии при нормальных режимах. Здесь наибольшую опасность представляют дуговые перенапряжения, возникающие в сети при перемежающемся (неустойчивом) характере горения дуги в месте пробоя фазной изоляции на землю.

Для устранения выявленного недостатка, вызванного смещением нейтрали сети и длительным существованием повышенных напряжений в режимах замыкания фазы на землю, параллельно к ДГК необходимо подключить резистор через контактор. Сопротивление резистора выбирается таким, чтобы напряжение несимметрии не превышало допустимого, а величина и длительность перенапряжений были минимальными. Для того чтобы резистор не перегревался большими токами при устойчивом однофазном замыкании он отключается с помощью контактора с выдержкой времени 0,5 секунд при превышении напряжения нулевой последовательности 20 % от номинального. При этом применение дугогасящего реактора значительно снижает токи однофазных замыканий на землю.



УДК 621.024

**АВТОМАТИЧЕСКИЙ АДАПТЕР ПОРЯДКА ЧЕРЕДОВАНИЯ ФАЗ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК  
ВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

САУБАНОВ Р.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. КАПАЕВ В.И.

Большая часть электрических сетей строительных площадок как кабельных, так и воздушных, имеет временный характер, что обуславливает большую вероятность нарушения порядка чередования фаз на отдельных их участках. Вместе с тем организация электротехнических работ на строительной площадке имеет следующие особенности: большинство электроустановок и строительного оборудования выпускается в передвижном или переносном исполнении, что может сопровождаться неправильным подключением их к электрической сети. При этом имеется оборудование, которое требовательно к правильному порядку чередования фаз а из-за его нарушения возможна авария и прерывание технологического процесса. Поэтому проблема непрерывного мониторинга порядка чередования фаз в этих условиях актуальна. В настоящее время есть индикаторы, выполняющие функции мониторинга порядка чередования фаз, но не выполняющие никаких действий при его нарушении. Так же есть устройства, отключающие потребитель при нарушении порядка чередования фаз, с прерыванием выполняемого технологического процесса. Однако есть потребители, недопускающие даже кратковременного перерыва в электропитании.

В соответствии с этим предложен автоматический адаптер, который распознает неправильный порядок чередования фаз на входе потребителя электроэнергии и автоматически переключает его на правильный, не нарушая технологический процесс. Принцип работы адаптера основан на попарном сравнении временных сдвигов пороговых значений фазных напряжений, по результатам которого гарантированно определяется фактический порядок чередования фаз на входе потребителя.

УДК 697

**САНАЦИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА КАК ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ  
РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

САФИНА Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РОЖЕНЦОВА Н.В.

Проблема энергосбережения в ЖКХ на сегодняшний день очень актуальна. Жилищно-коммунальное хозяйство является одной из самых за-

тратных отраслей российской экономики, в которой энергоресурсы используются нерационально.

ЖКХ – основная отрасль, которая обеспечивает надлежащий уровень социального комфорта и основных бытовых потребностей населения, поэтому организация энергосбережения позволит существенно сократить энергозатраты и сэкономить природные ресурсы.

Проблема износа жилищного фонда Российской Федерации и несоответствие его современным требованиям по энергосбережению обсуждалась неоднократно и на разных государственных уровнях. Одним из вариантов решения этой проблемы является санация жилищного фонда.

Санация – это комплексное проведение мероприятий с учетом технических, экономических и социальных факторов жилого дома, с целью повышения энергоэффективности дома. Санация приводит к долговременной экономии энергии, ресурсов и сокращения потерь.

Опыт санации крупнопанельных жилых домов в Восточной Германии за последние 10 лет показал, что в зависимости от конструкции наружных панелей достигается экономия расхода энергии на отопление от 30 до 70 %.

К реконструкции и модернизации жилищного фонда нужно подходить комплексно с учетом интересов всех участников данного процесса – от инвестора до конечного жильца. В связи с этим была предложена схема реализации проекта и возможные источники финансирования энергоэффективных мероприятий.

Энергоэффективные мероприятия, используемые в санации, подразделяются на низкозатратные (применение распределителей тепловых затрат (аллокаторов), терморегулирующих и термостатических вентилей (ТРВ), простое утепление) и средне- и высокозатратные (теплоизоляция стен, замена старых окон на энергосберегающие окна). Предложенные мероприятия по энергосбережению позволят сократить энергопотребление в среднем на 30–45 % в год.

УДК 621.313.33

## **НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА И ВЕРОЯТНОСТЬ ЕГО ОТКАЗА**

САХАПОВ А.А., ЯДУТОВ В.В., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. ДЕНИСОВА Н.В.;  
д-р техн. наук, проф. ИВШИН И.В.

Для оценки состояния трансформатора используются совместно четыре метода: тепловизионный, вибрационный, физико-химический и хроматографический анализ растворенных газов.

Результаты выше перечисленных методов диагностики могут быть тесно связаны, для определения силы связи производится корреляционный анализ. Например, температура отдельных частей трансформатора может быть тесно связана с концентрациями растворенных в масле газов. Так же и растворенные газы, характерные для электрических разрядов, могут коррелировать с вибрацией на баке, тангенсом диэлектрических потерь, температурой выводов трансформатора. Для взаимосвязи между этими величинами вводится коэффициент корреляции. Данный коэффициент выражает достоверность предположений о дефекте и помогает оценить «вклад» этого дефекта в вероятность отказа трансформатора.

В качестве параметра технического состояния, характеризующего текущее техническое состояние трансформатора принимают показатели надежности. Роль показателей надежности выполняют статистические оценки соответствующих вероятностных характеристик. Все показатели надежности определяются как вероятностные характеристики.

В данной работе отказ трансформатора рассматривается как случайное событие, то есть заданная структура трансформатора, и условия его эксплуатации не определяют точно момент возникновения отказа.

Основными задачами, которые мы ставим в этой работе, являются:

1. Оценка функции надежности, вероятности того, что трансформатор проработает больше  $t$  времени;
2. Оценка функции риска, то есть вероятности того, что трансформатор откажет в какой-то малый интервал времени.

УДК 620.9:697

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ЖКХ**

СЕМЕНОВА О.Д., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ФЕТИСОВ Л.В.

Несмотря на то, что возможность использования солнечной энергии для нужд потребителей существовала достаточно давно, актуальность свою она стала приобретать с момента существенного подорожания традиционных энергоносителей (прежде всего – газа). Рынок моментально отреагировал на увеличение спроса, и в продаже появилось великое множество различных установок для нагрева воды, основанных на солнечных батареях и солнечных коллекторах.

Принцип действия солнечных батарей состоит в прямом преобразовании солнечного света в электрический ток. При этом генерируется постоянный ток. Энергия может использоваться как напрямую различными нагрузками постоянного тока, запасаться в аккумуляторных батареях для последующего использования или покрытия пиковой нагрузки, так и преобразовываться в переменный ток напряжением 220 В для питания различной нагрузки переменного тока.

По результатам статистической обработки результатов моделирования работы солнечных водонагревателей в реальных климатических условиях средней полосы России видно, что в период с ноября по февраль вероятность нагрева воды даже до минимальной контрольной температуры 370 °С оказывается весьма низкой. Использование солнечных водонагревателей в этот период нецелесообразно. Эффективное использование солнечных водонагревателей возможно лишь в период с марта–апреля по сентябрь.

Для нагрева 100 л воды солнечная установка должна иметь 2-3 м<sup>2</sup> солнечных коллекторов. Такая водонагревательная установка в летнее время обеспечит ежедневный нагрев воды до температуры не менее 450 °С с вероятностью не менее 70–80 %.

Как с энергетической, так и с экономической точки зрения для создания бытовых солнечных водонагревателей целесообразно использовать простейшие солнечные коллекторы с одним прозрачным ограждением. Применение селективных покрытий вряд ли целесообразно по экономическим причинам.

УДК 621.311-025.12

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО  
УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ  
И ПРИРАВНЕННЫХ К НЕМУ КАТЕГОРИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

СЕМЕНЬЧЕВА А.А., ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. доц. ЧЕРНЕНКО А.Н.

Задача внедрения автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) для населения и приравненных к нему категорий потребителей приобретает на сегодняшний день все большую актуальность. Это связано с постоянным ростом тарифов на электроэнергию и, как следствие, учащением фактов неплатежей. Одна из причин неплатежей –

отсутствие организационной и технической базы для обеспечения оперативной и достоверной информации о потреблении электроэнергии каждым потребителем.

Кроме того, отсутствие объективных данных не позволяет иметь точную картину распределения потребителей по величине ежемесячного электропотребления, что необходимо для правильной выработки тарифных планов.

Во многих странах с развитой рыночной экономикой все перечисленные проблемы энергосбытовых организаций решаются путем внедрения АСКУЭ. Лидерами в данной области являются США, Канада, Япония, Франция.

Внедрение АСКУЭ для населения позволит решить проблему с предоставлением показаний и увеличит эффективность работы энергосбытовых компаний, что в свою очередь положительно скажется на конечных потребителях.

ОАО «Самараэнерго» является крупнейшим гарантирующим поставщиком электроэнергии Самарской области, что делает данное техническое решение очень выгодным с точки зрения своевременного наблюдения за электропотреблением населения. Также переход к системе АСКУЭ является необходимым вследствие большого количества потребителей и разветвленности электрических сетей.

УДК 621.31

## **УПРАВЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЕМ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ МАКСИМУМА ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ**

СЕНЧУК Д.А., НИУ «МЭИ», г. Москва  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЦЫРУК С.А.

В настоящее время поддержание баланса генерации и потребления по мере роста потребления осуществляется путем последовательной загрузки объектов генерации в порядке возрастания поданных ценовых заявок.

В периоды наибольшего роста спроса оказываются физически перегружены наиболее дорогие пиковые электростанции, в результате чего формируются экономически обоснованные, но крайне высокие цены на электроэнергию.

Существуют потребители, которые готовы снизить физические объемы потребления в объема, значимых для формирования цен в целом на

рынке. Если цена потребителя на разгрузку ниже цены генератора на загрузку – баланс на рынке установится при более низкой цене.

Гарантированное снижение нагрузки «активного» потребителя на основании поданных заявок может рассматриваться как эквивалент дополнительной загрузки генерации.

Основным стимулом для участия в программах управления спросом служит оплата обязательств по разгрузке, соизмеримая с оплатой мощности генератора. Принятие потребителем обязательств по гарантированной разгрузке потенциально означает возможность получения оплаты на рынке мощности. Цена мощности по результатам КОМ в 2014 г. составила:

- 133 000,00 руб. за МВт для первой ценовой зоны;
- 144 000,00 руб. за МВт для второй ценовой зоны.

Реализация концепции потребителя с управляемым потреблением предъявляет ряд технических, экономических и организационных требований к развитию энергосистемы.

УДК 621.39

## **СТЕНД ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДОБРОТНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ**

СИНИЦИН А.М., УЛАНОВ А.В, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. УЛАНОВ В.А.

В настоящее время остро стоит проблема выработки электрической энергии. В этой связи в последнее время возродился интерес к термоэлектрическим генераторам, в которых используются полупроводниковые материалы с высоким значением термоэлектрической добротности. Эта безразмерная характеристика определяется равенством

$$ZT = (S^2 \sigma T) / \kappa, \quad (1)$$

где  $S$  – коэффициент Зеебека,  $\sigma$  – проводимость образца,  $\kappa$  – теплопроводность,  $T$  – температура, при которой проводилось измерение указанных характеристик образца.

Очевидно, что в случаях, когда для выработки оптимальной технологии изготовления проводится сравнительный анализ большого числа образцов одного и того же термоэлектрического материала, нет необходимости отдельно проводить достаточно трудоемкие измерения указанных в равенстве (1) характеристик. На первой стадии анализа можно ограничить-

ся измерением термо-ЭДС – элемента термоэлектрического генератора (при обеспечении одинаковой геометрии образца и неизменных значений температур на его концах). В разработанном нами стенде используются два стабилизатора температуры и цифровой вольтметр для измерения термо-ЭДС. Образец помещается в специальную теплоизолированную ячейку так, чтобы минимизировать теплообмен образца с окружающей средой. В зависимости от используемого полупроводника, выбирается материал электродов. В качестве источника тепла используется небольшой резистивный нагреватель, питаемый от стабилизированного источника постоянного напряжения. Холодный конец образца находится в тепловом контакте с водой, в которую погружены кусочки тающего льда. Электронная схема стенда позволяет измерять тепловую мощность, передаваемую через образец, и градиент температур на образце.

УДК 697

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

СИРАЕВ Л.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. РОЖЕНЦОВА Н.В.

Энергосбережение и энергоэффективность в многоквартирном доме (МКД) на сегодняшний день очень актуальная тема и тот, кто научился экономить, очень четко понимает, что это необходимо.

Устранение недостатков конструкции зданий стало еще более необходимым с утверждением Закона № 261 ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». Сейчас утвержден перечень мероприятий для многоквартирных домов, направленных на повышение эффективности использования энергетических ресурсов. Несмотря на то, что документ (приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 2 сентября 2010 г. № 394) рекомендован для организаций, осуществляющих снабжение энергетическими ресурсами многоквартирных домов на основании публичных договоров, он может быть взят за основу и лицами, управляющими многоквартирным домом (ТСЖ/УК).

В качестве объекта для исследования и модернизации являются панельные дома. Основные претензии, часто предъявляемые к панельным домам: низкий уровень теплосбережения дома и промерзание панелей наружных стен, продуваемость старых оконных рам, нерациональное ис-

пользование отопительной системы как подъезда, так и квартир в целом, большие затраты на освещение общей площади жильцов дома.

В результате исследования и изучения основных проблем, вызванных «старением» панельных домов, предложены меры по улучшению характеристик зданий с целью их адаптации к современным условиям проживания.

УДК 621.548.3

## **ЗАЩИТА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ОТ УРАГАННЫХ ВЕТРОВ**

СТАРКОВ А.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МАРКИН О.Ю.

Максимальная скорость ветра, при которой может эксплуатироваться данная ветроэнергетическая установка парусного типа, составляет 10–12 м/с. Если скорость ветра больше, работа ветроэнергетической установки должна ограничиваться.

Кроме того, ветроколесо обладает значительным аэродинамическим сопротивлением и при сильном ветре будет значительно нагружать мачту. Для того, чтобы ветрогенератор служил долго и надежно, необходимо защищать его от ураганных ветров. В качестве защитного оборудования будем использовать боковую «лопату».

Работа боковой лопаты заключается в следующем: при рабочем ветре давление на боковую лопату меньше жесткости пружины и ветряк устанавливается приблизительно по ветру с помощью оперения. Для того чтобы пружина не складывала ветряк при рабочем ветре более чем это нужно, между хвостом и боковой лопастью натянута растяжка.

Когда скорость ветра достигает максимально рабочего ветра, давление на боковую лопату становится сильнее, чем усилие пружины и ветрогенератор начинает складываться. При этом ветряной поток начинает набегать на лопасти под углом, что ограничивает мощность ветроколеса. При очень сильном ветре ветряк складывается полностью и лопасти устанавливаются параллельно направлению ветра, работа ветряка практически прекращается.



УДК 697.9(035. 5)

## **СОЗДАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

СТЕПАНОВА Ю.Э., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. ПЫЖОВ В.К.

Единственной альтернативой повышению стоимости потребления топливно-энергетических ресурсов является энергоэффективное оборудование и энергосбережение. Согласно данной концепции в Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ) кафедра «Промышленная теплоэнергетика» разрабатывает проект лабораторного стенда для исследования работы центрального кондиционера в многозональном режиме.

Создание микроклимата с указанными режимами требует принятия энергосберегающего оборудования для обработки воздуха в кондиционере, его эффективной подачи и удаления, а также обоснованного выбора источников теплоты и холода.

Для создания оптимального микроклимата в помещении полномасштабной модели БЩУ АЭС, а также допустимых условий в зонах расположения кондиционера и источников энергии используется центральный кондиционер итальянской фирмы «Clivet», системы водяного и инфракрасного обогрева, тепловые насосы фирм «Clivet» и «Triton», французские автономные водогрейные котлы «De Dietrich» и утилизаторы теплоты удаляемого воздуха.

Данное оборудование позволяет: проводить лабораторные испытания кондиционера; изучить способы наладки приточных и вытяжных систем; выполнять аэродинамические испытания сетей воздуховодов; разобраться с устройством и принципом работы отдельных элементов многозональной системы кондиционирования в лабораторных условиях.

Разрабатываемый стенд дает возможность производить испытания кондиционера «Clivet» в прямоточном режиме с использованием первого подогрева от автономного источника теплоснабжения; с подключением тепловых насосов; с использованием пластинчатого теплоутилизатора теплоты удаленного воздуха; с полной и частичной рециркуляцией (для снижения или исключения затрат теплоты и холода).

Испытания кондиционера в различных режимах производится с применением современных средств контроля, автоматизации и обработки данных.

При разработке стендов выбор тепловой изоляции производился в результате анализа эффективности различных изоляционных материалов (пенополиуретан, минеральная вата, пенополистирол и широко рекламируемый сверхтонкий акриловый краситель с полыми или сплошными керамическими микросферами).

УДК 620.9

## **ПРОЕКТ БЕСТОПЛИВНОЙ МИНИЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

СУЛЕЙМАНОВА Л.Р., ВАЛИЕВА Д.З., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. РУДАКОВ А.И.

Стремительный рост цен на топливо и ухудшение экологической обстановки во всем мире заставил весь мир срочно искать альтернативные источники энергии. Уже предлагается масса вариантов замены традиционного способа получения электрической энергии, однако все они пока уступают устаревшим и испытанным видам энергии по многим показателям.

Чтобы стать коммерчески выгодным, новый источник энергии должен обладать рядом свойств:

- быть достаточно мощным в сравнительно небольших габаритах;
- быть независимым от внешних условий;
- быть непрерывным;
- использовать более дешевое топливо либо вообще быть бестопливным.

В полной мере таким источником энергии может служить бестопливная миниэлектростанция.

Бестопливная миниэлектростанция – это проект, и поэтому нами проведены теоретические исследования по обоснованию выбранной конструкции, проверочному расчету режимных параметров системы. Проект основан на изобретении Часа Кэмпбелла, который обнаружил, что если использовать двигатель переменного тока подключенной к сети, то можно получить больше работы, чем необходимо для работы двигателя. Рассматриваемая нами миниэлектростанция основана на силе инерции маховика разогнанного до рабочей скорости. С одной стороны электродвигатель раскручивает маховик, с другой – маховик вращает генератор. Назначение маховика – увеличение крутящего момента.

Задачами, которые стоят при использовании комплекса элементов станции, являются ее мобильность и запуск ее без внешних источников питания. Новизна и эффективность предложенной электростанции обеспечивается последовательным включением конденсатора, который устраняет реактивную составляющую сопротивления.

Разработанный проект бестопливной миниэлектростанции позволяет в ближайшем будущем расширить использование свободной энергии, найти более широкое применение альтернативной электроэнергетики.

УДК 621.311.4

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

СУЛЬДЕНКОВА А.О., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ВАЛЕЕВ И.М.

Электропитание крупных ответственных потребителей требует обеспечения бесперебойности и повышения надежности энергоснабжения. Для повышения надежности электроснабжения потребителей первой категории в периоды кратковременного нарушения электроснабжения предлагается использовать накопители электрической энергии – суперконденсаторы. Суперконденсаторы обладают возможностями накопителя (как аккумуляторные батареи) и разряда (как обычные конденсаторы).

Основа суперконденсаторов – металлические экраны с активированным углем как с электродами. Площадь поверхности составляет 1000–2000 м<sup>2</sup> на грамм. Кроме угольных электродов возможно использование окислов металлов (рутений или иридий) или электропроводящих полимеров (полипиррол, политиофен, полианилин). Электролит представляет собой электропроводную жидкость (водяные или органические растворы, например растворы в воде гидроксида натрия или серной кислоты).

В отличие от аккумуляторных батарей (АБ) в суперконденсаторах число циклов «заряд – разряд» не зависит от глубины разряда. Саморазряд определяется конструкцией суперконденсатора: симметричная система (уголь/уголь) имеет меньший саморазряд. Симметричный суперконденсатор, в отличие от АБ, «не боится» полного разряда.

Удельная плотность энергии и мощности для щелочных аккумуляторов составляет 60 Вт · ч/кг и 300 ÷ 1500 Вт/кг, суперконденсаторов – 1 ÷ 10 Вт · ч/кг и 1000 ÷ 6000 Вт/кг.

Накопители электрической энергии (НЭЭ) обладают большим диапазоном энергоемкости и высоким быстродействием. Следовательно, они могут использоваться для повышения устойчивости и надежности электроэнергетических систем.

УДК 625.315.01

## **АППРОКСИМАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ТИПОВЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ЗВЕНЬЯМИ**

ТАТАРНИКОВ А.Н., ГЛАДКОВ А.А., СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. КОТЕНЕВ В.И.

Рассматривается новый метод аппроксимации одномерных уравнений в частных производных конечной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, который в отличие от альтернативных методов позволяет получить более простые математические модели.

Суть метода: исходные уравнения в частных производных с соответствующими граничными условиями заменяются  $n$  уравнениями в соответствии с разбиением исходного тела на элементы. Для каждого уравнения выбирается аппроксимирующая функция, которая совпадает на границах элемента с исходным уравнением.

Затем в результате одно- и двукратного интегрирования  $i$ -го уравнения по пространственной координате получают две системы интегродифференциальных уравнений, из которых после подстановки внешних и межэлементных граничных условий получают две системы обыкновенных дифференциальных уравнений  $n$ -го порядка. На основании этих уравнений составляется одно уравнение с необходимым  $n+1$ -м порядком.

Показано, что погрешность при одноэлементной аппроксимации уравнения нестационарной теплопроводности пластины с граничными условиями третьего рода при малых числах Био может оказаться недопустимо большой. Объясняется это тем, что в одно из двух уравнений не вошло граничное условие. В результате дополнительного включения граничного условия удалось значительно понизить погрешность до величины, при которой одноэлементные модели оказались пригодными для практического применения.

Погрешность аппроксимации оценивалась по временным и частотным характеристикам, из которых определены частотный диапазон, в котором применимы эти модели.

Лично авторами проведены исследования временных и частотных характеристик в программном комплексе Matlab-simulink.

Данный метод может найти широкое применение при синтезе структур систем автоматического управления с распределенными параметрами.

УДК 621.35

## **РАЗРАБОТКА ДЕТЕКТОРА ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНОГО КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА**

ТИРКИЯ А.А., ХУСНУТДИНОВ Р.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. САДЫКОВ М.Ф.

Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР) – область радиоспектроскопии, обладающая особыми возможностями для аналитического обнаружения химических веществ в твердой фазе.

ЯКР-сигнал получается путем подачи радиочастотного импульсного излучения на образец, тем самым запуская переходы между квадрупольными уровнями энергии и затем измеряя отклик.

Задающий генератор в нашей установке формирует радиочастотный импульсный сигнал, который затем усиливается усилителем мощности. Мощность импульсов в нашем случае достигает 160 W. Поступая на катушку, этот радиочастотный сигнал возбуждает ядра в исследуемом образце. В результате резонанса на детектирующую катушку наводится сигнал свободной индукции. Он отделяется разветвителем и усиливается. Далее после преобразования сигнал поступает на ПК, и, произведя разложение Фурье, мы получаем частотный спектр ЯКР-сигнала.

Сигнал ЯКР тестовых образцов с наибольшей интенсивностью был обнаружен на частоте 4,642 МГц, длительность импульса – 50 мкс, число накоплений – 512, время повторений – 100 мс. Приемная катушка в форме цилиндра диаметром 6 см и высотой 8 см.

Приемная катушка вместе с блоком разветвителя и предусилителя помещена в отдельный экран, собранный из текстолита.

Для снижения наведенных шумов планируется использовать обработку сигналов сигнальным процессором, который усреднит шумовые сигналы с дополнительных антенн и вычтет шумы из сигнала основной катушки. Это позволит использовать «ЯКР-детектор опасных веществ» в обычных условиях – без экранирования.

УДК 621.313

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ФАНЕРЫ**

ТУКАЕВА Е.П., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. АНДРЕЕВ Н.К.

Работа посвящена проблеме автоматизации процесса сушки фанеры в процессе ее изготовления. Цель работы – создание микропроцессорной системы контроля температуры и влажности фанеры на конвейерной линии сушки.

В процессе работы над проектом одними из задач являются задачи выбора датчиков температуры и влажности, а также комплектующих элементов микропроцессорной системы управления контролем.

Принцип работы системы контроля. Аналоговые сигналы от датчиков проходят предварительную процедуру нормировки, фильтрации сигнала и преобразования сигнала в цифровой код в соответствии с теоремой Котельникова-Найквиста. Дискретные сигналы сохраняются в буфере данных. После обработки в центральном микропроцессоре, в качестве которого может выступать персональный компьютер, данные поступают в другой промежуточный буфер для дальнейшей обработки и формирования отчетности.

Все процессы измерения синхронизированы с помощью таймера. Управление сменой каналов измерения производится мультиплексором.

В качестве микропроцессора управления измерением выбран микроконтроллер AVR фирмы Atmel. Программирование производится программой AVR Studio. В качестве датчиков выбраны «Влагомер МГ-43» и датчик температуры «Siemens QAE3075.010».

УДК 621.311.4

## **СРЕДСТВА И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

УСАЧЕВА А.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. САФИН А.Р.

Кризисные явления в энергетике отрицательным образом влияют на такой показатель энергетической эффективности, как ее потери в электрических сетях. Потери электроэнергии делятся на 2 группы: коммерческие потери и технические потери. В идеальном случае коммерческие потери

равны нулю, в реальных же условиях они определяются расчетным путем с погрешностями. Основные причины коммерческих потерь можно объединить в 3 группы: 1) инструментальные, связанные с погрешностями измерений количества электроэнергии; 2) погрешности определения величин отпуска электроэнергии в сеть и полезного отпуска потребителям; 3) несанкционированное электропотребление. Мероприятия, направленные на снижение коммерческих потерь определяются причинами их возникновения: организационные, повышающие точность расчетов показателей баланса электроэнергии; технические, связанные с обслуживанием и совершенствованием систем учета электроэнергии. Как показывают расчеты, основной эффект в снижении технических потерь электроэнергии может быть получен за счет технического перевооружения и реконструкции, повышения надежности работы электрических сетей, сбалансированности их режимов.

УДК 620.1

## **ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

ФАЗЫЛОВ И.З., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. МАКСИМОВ В.В.

В работе проводились исследования оборудования методом акустической эмиссии, (АЭ).

Метод АЭ основан на регистрации и анализе акустических волн, возникающих в процессе пластической деформации и разрушения (роста трещин) контролируемых объектов. Это позволяет формировать адекватную систему классификации дефектов и критерии оценки состояния объекта, основанные на реальном влиянии дефекта на объект. Другим источником АЭ-контроля является истечение рабочего тела (жидкости или газа) через сквозные отверстия в контролируемом объекте.

Преимущества метода АЭ перед традиционными методами НК:

1. Интегральность метода АЭ, которая заключается в том, что, используя один или несколько датчиков, установленных неподвижно на поверхности объекта, можно проконтролировать весь объект целиком (100 % контроль).

2. В отличие от сканирующих методов неразрушающего контроля, метод акустической эмиссии не требует тщательной подготовки поверхности объекта контроля.

3. Обнаружение и регистрация только развивающихся дефектов, что позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности (влияние на прочность) для контролируемого объекта.

Исследования АЭ могут быть направлены на исследование поведения АЭ в процессе других, более сложных испытаний, либо для изучения природы; процессов, происходящих в материале.

УДК 621.316

## **ГАРМОНИЧЕСКИЕ ИСКАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ РАБОТЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ**

ХАБИБУЛЛИН А.Т., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук ВАГАПОВ Г.В.

В результате широкого внедрения преобразователей частоты в промышленное производство происходит увеличение содержания высших гармонических составляющих тока, напряжения и реактивной составляющей электропотребления в питающей сети.

В трехфазных промышленных цепях переменного тока могут использоваться различные выпрямительные схемы. В настоящее время в преобразователях частоты наиболее применима 6-пульсная схема. Синусоида напряжения, подаваемая на вход 6-пульсного выпрямителя, искажает свою форму, так как в момент протекания импульса тока увеличивается падение напряжения на внутреннем сопротивлении сети.

Спектр гармоник питающего напряжения сети с нагрузкой, имеющей 6-пульсную схему выпрямителя, при симметричном режиме трехфазной сети содержит нечетные гармоники (четные гармоники при симметричном режиме взаимно компенсируются). Кроме того, при соединении фаз источника звездой линейное напряжение не содержит гармоник, кратных трем, так как эти гармоники, имеющиеся в фазных напряжениях, при вычитании также компенсируются. Основной вклад в искажение синусоидальности напряжения сети при работе преобразователя частоты вносят 5-я, 7-я, 11-я и 13-я гармоники.

Уровень гармонических искажений может превысить допустимый уровень, и уже возможно появление признаков влияния высших гармоник на других потребителей, например: сбои в работе приборов измерения и учета электроэнергии, наводки в телекоммуникационных и управляющих цепях и др.



УДК 621.316:629.1

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

ХАЕРТДИНОВА А.А., ХРИСАНОВ А.А., ЗАЛЯЛОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ПАВЛОВ П.П.

Предупреждение отказов и продление сроков службы контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) основывается в значительной степени на технологиях оперативного диагностирования. Тенденция перехода к техническому обслуживанию и ремонту по состоянию распространяется на все новые изделия машиностроения и приборостроения.

Возрастающие требования к показателям диагностирования сложных технических систем (СТС) вступают в противоречие с требованиями по сокращению затрат труда высококвалифицированных специалистов, времени и средств для создания диагностического обеспечения и приспособленной к диагностированию технической системы. Проблема обеспечения заданных показателей диагностирования, судя по результатам патентных исследований, решается комплексно внедрением новых методов и средств диагностирования, согласованных с конструкцией объектов диагностирования информационной технологии разработки диагностического обеспечения, автоматизацией производства.

Диагностические параметры выбираются из состава параметров, характеризующих структурные и функциональные свойства изделия. Структурные параметры обычно труднодоступны при безразборном диагностировании. Функциональные (выходные) параметры не всегда пригодны для прогнозирования технического состояния. Развитие информационной технологии требует новых научных и технических решений задач проектирования и диагностирования, основанных на компьютерном моделировании объектов диагностирования.

Выбор диагностических моделей и параметров для оперативного контроля и прогнозирования технического состояния, методы прогнозирования технического состояния и долговечности основываются на исследовании взаимосвязей между значениями структурных и функциональных параметров. В докладе рассматриваются вопросы определения и прогнозирования технического состояния СТС с использованием математических моделей многофакторного диагностирования.

УДК 621.313

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА**

ХАЙДАРОВ А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ХИЗБУЛЛИН Р.Н.

Возможность полного использования провозной способности метрополитена в значительной степени зависит от технического состояния подвижных составов и в первую очередь от надежной работы тяговых двигателей.

Надежность как характеристика качества объекта является сложным свойством, зависящим не только от конструкции и применяемых материалов, но и от таких факторов, как технология ремонта, соблюдение объема и норм испытаний, применение устройств контроля качества ремонта и технического состояния, эффективность защиты, содержание тяговых двигателей в эксплуатации и др. Своевременное обнаружение дефектов в настоящее время является актуальной задачей, так как позволяет гарантировать безотказную работу тягового электро-двигателя. Развитие полупроводниковых управляемых приборов позволило разработать простые и надежные устройства технического диагностирования. Их применение снижает повреждаемость тяговых двигателей и сокращает время нахождения подвижных составов в ремонте. Последнее обстоятельство весьма важно, поскольку является одним из условий повышения провозной способности метрополитена. Объектом исследования является ТЭД метрополитена.

Предметом исследования является повышение надежности безотказной работы ТЭД.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ диагностических средств для контроля сопротивления изоляции в эксплуатации;
- безразборная диагностика;
- мониторинг сопротивления изоляции обмоток ТЭД.

На данном этапе выполнения НИР проведен анализ диагностических средств для контроля сопротивления изоляции в эксплуатации.

На сегодняшний день на российских предприятиях городского электрического транспорта применяются мегаомметр и мультиметр.

УДК 628.9

## ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА

ХАСАНОВ Д.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. СИДОРОВ А.Е.

На сегодняшний день ситуация складывается таким образом, что весь мир охватывает технологическое соперничество, и это ведет к переломному моменту в развитии энергетических технологий. Проблема рационального использования электроэнергии приобретает все большую актуальность. Энергоэффективность в светотехнических установках достигается путем снижения расхода электроэнергии, улучшения средств, методов освещения, организации правильного использования.

В работе рассмотрены способы снижения стоимости световой энергии на промышленных предприятиях за счет выбора более эффективных источников света. Исследуя влияние разных факторов на применения светодиодов для освещения, сочетающих как технологические, так и рыночные аспекты.

Доля светодиодных ламп в настоящее время составляет приблизительно 2 % мирового рынка осветительных приборов, но в ближайшее время их доля увеличиться до 30 %, а к 2020 г. – до 80 %. Если распространение светодиодных ламп достигнет такого уровня, то потребители во всем мире смогут ежегодно экономить десятки и даже сотни миллионов. Это позволит снизить годовую потребность в электроэнергии на 1,5 %. При меньшем потреблении электрической энергии мы получаем больший световой поток.

Для повышения эффективности необходимо максимально использовать свет светодиода в светильнике. Из-за неравномерного отвода тепла с краев матрицы и из ее середины светодиоды нагреваются по-разному, и, соответственно, по разному изменяется и их цвет в процессе старения: суммарные яркость и цветовая температура теряют свои качества за время эксплуатации.

Также рассмотрены пути решения проблемы совместимости источников с существующей энергетической инфраструктурой, так как использование преобразователей переменного тока накладывает определенные ограничения на светодиодные устройства.

УДК 629

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОВОЗОВ**

ХУСНУТДИНОВ А.Н., ГАЛИУЛЛИН Д.Р., ФАТТАХОВ И.И.,  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ИДИЯТУЛЛИН Р.Г.

Железнодорожный транспорт играет важнейшую роль в развитии хозяйственно-экономического комплекса России. К настоящему времени в тяговом подвижном составе преобладают локомотивы, построенные более 25 лет назад. Для того чтобы снизить темпы старения парка локомотивов, руководство российских железных дорог приняло программу, связанную с продлением срока службы локомотивов.

Как показали результаты анализа технического состояния локомотивного парка страны, самыми ненадежными узлами в силовых цепях локомотива (по количеству отказов) являются электрическая аппаратура и изоляционные конструкции тяговых электродвигателей.

Тяговые электродвигатели локомотивов работают в большом диапазоне изменения нагрузок. Температурный режим – это один из главных факторов, определяющих надежность и срок службы электродвигателя.

В настоящее время расход воздуха в системах охлаждения тяговых электродвигателей практически не связан с температурой элементов двигателей, их токовой нагрузкой и температурой охлаждающего воздуха. Развитие поездной тяги способствовало повышению агрегатной мощности электродвигателей. Однако ограничения на их габариты и массу привели к возрастанию нагрузки активных элементов и, как следствие, интенсификации охлаждения. В связи с этим становится острой проблема создания такой системы охлаждения тяговых электродвигателей, в которой расход охлаждающего воздуха должен изменяться в зависимости от температуры его элементов. Большим преимуществом регулирования расхода охлаждающего воздуха в зависимости от теплового состояния тяговых электродвигателей является уменьшение диапазона и амплитуды колебаний температуры элементов их конструкции в процессе эксплуатации.

Несмотря на большое количество известных методов непосредственных и косвенных измерений локальных или средних температур обмоток (неподвижных и вращающихся), только расчет температурных полей для различных режимов эксплуатации тяговых электродвигателей позволяет оптимизировать работу вентиляционной установки.

УДК 621.311.4

## **СВЕТОТЕХНИКА В СИСТЕМЕ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГОРОДСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

ЧЕЧКОВ А.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. МИРОНОВА Е.А.

Одной из самых емких статей затрат для муниципалитетов, составляющая от 10 до 38 % от содержания городского хозяйства, является система уличного освещения. Более 50 % электроэнергии, потребляемой системами искусственного освещения, приходится на коммерческие и промышленные здания. Пиковые часы нагрузки увеличиваются более значительно в зимний период, а это около 200 дней. Обновление систем освещения города Казани – первый пилотный проект, реализованный в рамках правительственной программы по энергоэффективности региональных городов России. Планируется применить светодиодное освещение еще как минимум в двух крупных российских городах. Необходимо увеличение продолжительности освещения в утренние часы зимнего периода. Количество светоточек в городе увеличилось за последние 3 года на 3500 штук и достигло 68 тысяч, и их число постоянно должно расти.

Светодиодные светильники служат при непрерывном использовании не менее 100 000 реальных часов, что составляет 25 лет непрерывной эксплуатации. При использовании светодиодов энергопотребление снижается на 70 % по сравнению с освещением, в котором применяются газозарядные лампы ДРЛ и ДНАТ.

Развитие такого освещения – неотъемлемая часть технического прогресса, однако необходимы долгосрочные и крупные капиталовложения в производство светодиодов – это десятки коммерческих и государственных проектов. Также необходимо выявление качественной обработки, предоставляемой несколькими сотнями компаний. Это трудоемкий процесс, который требует много усилий.

Применяя светодиодные источники света и модернизируя старое уличное и промышленное освещение обеспечивается комфорт и безопасность населения, а также уменьшается нагрузка в пиковые часы, что приведет к сокращению срабатывания автоматической частотной разгрузки. Утрата недоотпуска электрической энергии, необходимой потребителям всех категории, будет полезна экономическим показателям на любом уровне.

УДК 621.316.311

## МЕТОДИКА ВЫБОРА РАБОЧЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРЕДАЧ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

ШАДРИКОВ Т.Е., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. СОКОЛОВ А.М.

Актуальность. Значительный прогресс в сфере полупроводниковой преобразовательной техники на основе использования мощных IGBT транзисторов и транзисторных сборок создает благоприятные условия для создания и применения высоковольтных кабельных электропередач и электрических сетей с повышенной частотой рабочего переменного напряжения. Такие системы найдут применение в электрических сетях электропитания промышленных предприятий (в особенности строительной отрасли). Применяемое в электропередаче оборудование обладает значительно более высокими эксплуатационными и технико-экономическими показателями по сравнению с системами промышленной частоты. Однако для правильно оценки срока службы высоковольтной изоляции кабельных линий электропередачи повышенной частоты  $\tau$  с заданной надежностью  $P$ , а так же системы в целом требуется выбрать оптимальное рабочее напряжение с учетом длины линии электропередачи и частоты приложенного напряжения.

Новизна. Впервые предложена методика по прогнозированию срока службы кабельной электропередачи повышенной частоты  $\tau$  с учетом длины кабеля, повышенной частоты воздействующего напряжения и заданного значения надежности  $P$ .

Личный вклад автора заключается в разработке методики выбора и расчета рабочего напряжения высоковольтной кабельной электропередачи повышенной частоты.

Перспективы использования полученных результатов. Разработанная методика выбора рабочего напряжения высоковольтной кабельной электропередачи повышенной частоты позволит создавать системы электропитания с заданным сроком службы и надежностью, учитывая протяженность электропередачи, что позволит увеличить к.п.д. при передаче энергии в сетях промышленных предприятий.

УДК 621.38

## **ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА МАТРИЧНОМ ИНДИКАТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА LABVIEW**

ШАЙХУТДИНОВ К.И., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. ст. преп. ИВАНОВ Д.А.

Актуальность работы состоит в применении новейших методов программирования, выбора экономичной и в то же время качественной элементной базы, использовании полученных в процессе обучения знаний на практике.

Объектом исследования в работе является способ подключения матричного индикатора к персональному компьютеру посредством LPT-порта.

В ходе исследования были собраны сведения об элементной базе, необходимой для реализации проекта, а так же были освоены программные средства пакета LabView, на котором и реализована программная часть.

Цели и задачи работы:

- подготовка теоретической базы;
- проектирование принципиальной схемы;
- разработка программного обеспечения.

Актуальность работы состоит в широком потенциале применения, будь то наружная реклама или вывод на дополнительную индикацию необходимых параметров в ходе производства.

Разработанный в ходе исследования прототип является перспективным и конкурентоспособным на рынке современной электроники за счет высоких показателей быстродействия, отказоустойчивости и низкой стоимости комплектующих.

УДК 621.311

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

ШАКИРОВА А.Н., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ГРАЧЕВА Е.И.

В связи с развитием рыночных отношений в области электроэнергетики значимость проблемы определения потерь электроэнергии значи-

тельно возросла, так как стоимость потерь является одной из составляющих тарифа на электроэнергию.

Точное определение уровня потерь электроэнергии является одной из важных составляющих общего комплекса энергосберегающих мероприятий на промышленном предприятии.

Цель анализа состоит в выявлении основных достоинств и недостатков некоторых методов определения потерь электроэнергии в сетях промышленного электроснабжения, а также классификация данных методов в зависимости от объема исходной информации и режима ее получения.

Задача исследования: сравнительный анализ методов определения потерь электроэнергии, составление их классификации, выявление достоинств и недостатков данных, выдача рекомендаций по применению тех или иных методов расчета, определение области применения рассмотренных методов определения потерь электроэнергии.

На данный момент можно выделить следующие два способа определения расхода электроэнергии в промышленных сетях 0,4 кВ: расчетный и экспериментальный. Экспериментальный способ определения расхода электроэнергии не пользуется популярностью, так как имеет ряд недостатков. Таким образом, широкое распространение получили расчетные методы определения нагрузочных потерь электроэнергии.

На данном этапе развития энергетической отрасли имеющиеся методы определения потерь электроэнергии не удовлетворяют современным требованиям. Точное определение уровня потерь электроэнергии и мероприятия, направленные на их снижение в распределительных сетях промышленных предприятий, являются важными составляющими рационального использования энергетических ресурсов.

УДК 544.774

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ САМОДИФФУЗИИ МОЛЕКУЛ ДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ И МОЛЕКУЛ ВОДЫ**

ШАРИПОВА Э.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, проф. ЗУЕВА О.С.

Изучение движущих сил формирования пространственно-упорядоченных нанодисперсных систем на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) позволит создать механизмы управления процессом самоагрегации в коллоидных наносистемах, что, в свою очередь, даст возмож-



ность осуществлять направленный синтез наночастиц и других наноструктур. Традиционным методом исследования структуры мицеллярных образований из молекул ПАВ, включая определение размеров и формы мицелл, является метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) как в спектральной, так и в диффузионной модификации. Одним из возможных путей получения информации о процессах ассоциации ПАВ в растворах и в микроэмульсиях, а также о форме и размерах различных форм ассоциатов является изучение концентрационных зависимостей коэффициентов самодиффузии и времени ядерной магнитной релаксации компонентов системы. Особое место при проведении подобных исследований дисперсных систем на основе ПАВ занимает метод ЯМР с Фурье-преобразованием и импульсным градиентом магнитного поля.

В данной работе были изучены особенности мицеллообразования децилсульфата натрия ( $C_{10}H_{21}O_4NaS$ ). Измерения коэффициентов самодиффузии выполнены на спектрометре ЯМР AVANCE III («Bruker», Германия) с датчиком TXI 5mm, оснащенный градиентной катушкой. Для измерения коэффициентов диффузии (КСД) использована импульсная последовательность «стимулированное эхо» с биполярными градиентами. Измерения КСД проведены на ядрах протонов  $^1H$  (600,13 МГц). Градиент магнитного поля в экспериментах изменяли в интервале от 0 до  $0,5 \text{ Тл}\cdot\text{м}^{-1}$  при постоянном времени диффузии и длительности импульсов градиента магнитного поля. Одним из результатов выполненных исследований стало уточнение значений параметров мицеллообразования децилсульфата натрия. Ранее считалось, что оно лежало в пределах 22–24 мм. Благодаря методу ЯМР-самодиффузии было выяснено, что ККМ данного ПАВа лежит в пределах 10–15 мм.

УДК 621.311.04

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДАТЧИКА РАССТОЯНИЯ**

ЯМБАЕВА Т.Г., ФАТЫХОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ИВАНОВА В.Р.

В данной работе рассматривается инфракрасный датчик расстояния Sharp – GP2Y0A21YK, функцией которого является определение присутствия человека в зависимости от расстояния и работающего согласно программе микроконтроллера.

Особенностью работы инфракрасного датчика является срабатывание на расстоянии, заданном алгоритмом его работы. Это позволяет устанавливать несколько таких датчиков рядом, так как радиусы их действия не будут пересекаться.

Датчик Sharp – GP2Y0A21YK применяется в цифровых фотокамерах (в том числе в телефонах) для автоматической настройки четкости снимков, в телефонах (для отключения подсветки во время разговора), в автомобилях (возможно в парковочных радарах и системе адаптивного круиз-контроля), в телевизорах, персональных компьютерах и копировальных аппаратах.

В работе предлагается разработка еще одного варианта применения датчика – это информационный интерактивный стенд с мультимедийным сопровождением и распознаванием лиц.

Стенд состоит из короба размером 90×137×20 см, в котором размещены фотографии сотрудников структурного подразделения, монитор, видеокамера, светодиодное табло, микроконтроллер, устройства ввода информации (клавиатура и микрофон), устройство передачи данных (RTL-400), светодиодная подсветка (общая и у каждой фотографии), общий ИК-датчик, чувствительные датчики за каждой фотографией.

Схема работы стенда заключается в следующем: для получения необходимых сведений о сотруднике структурного подразделения достаточно прислонить ладонь к фотографии интересующего работника, после чего срабатывает ИК-датчик и отправляет данные для обработки на микроконтроллер, а он, в свою очередь, выводит информацию на экран.

Использование ИК-датчика расстояния позволяет разработчику устанавливать необходимый радиус срабатывания, что значительно облегчает его работу, не требует внешнего контроля над датчиком и составляет небольшие затраты (стоимость одного датчика в пределах 400 рублей).

#### **СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

УДК 595.142.39

#### **КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ *EISENIA FOETIDA* ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЧВ**

АБДУЛЛИН Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

В естественных условиях образование гумуса является вторым по масштабности после фотосинтеза процессом трансформации органическо-

го вещества в окружающей среде, в который вовлекается около 20 Гт углерода в год (Hedges, 1997).

В условиях же агроценозов черноземы многих интенсивно распахиваемых областей только за последние 100 лет потеряли до 25–30 % запасов гумуса (Орлов, 1985). Гумус, состоящий из специфических и неспецифических органических соединений, является главным показателем плодородия почвы [2].

Уменьшения гумусового слоя почвы прежде всего связана отсутствием пополнения органического вещества в почвы. При отсутствии севооборота зерновых ежегодные потери гумуса в черноземе типичном достигают 0,5–1,0 т/га, под пропашными культурами – до 1,5 т/га (Орлов, 1985).

В настоящее время одним из эффективных способов получения гумуса для повышения плодородия почвы является технология вермикомпостирования. Под этой технологией понимается переработка органических отходов с помощью дождевых червей в искусственных условиях (Апарин, 2012).

Гумус структурирует почву, накапливает питательные элементы и микроэлементы в доступной для растений форме, регулирует геохимические потоки металлов в водных и почвенных экосистемах (Корельская, 2013).

В исследованных нами образцах комплексного отбора переработанного субстрата из пищевых отходов и почвы садового товарищества в районе озера Верхний Кабан г. Казани методом рентгенофлюоресцентного анализа обнаружено содержание: V 305,64 мг/кг почвы, V + Mn (305,64 + 1188,6) мг/кг почвы, Mn 1188,6 мг/кг почвы, Pb 195,27 мг/кг почвы.

Так как предельно допустимые концентрации для V 150,0 мг/кг почвы, V + Mn (100 + 1000) мг/кг почвы, Mn 1500 мг/кг почвы, Hg 2,1 мг/кг почвы, Pb 32,0 мг/кг почвы, Pb + Hg 20,0 + 1,0 мг/кг почвы (ГН 2.1.7.2041-06) превышены, возникает задача определения и уменьшения биодоступности и токсичности некоторых микро- и токсикоэлементов.

УДК 595.142.39

## **ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ CHLORELLA VULGARIS**

ГАЛИМОВА Р.Ш., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

Микроскопические водоросли давно стали объектом разносторонних исследований. Из микроскопических водорослей в первую очередь стали

применять при массовом культивировании одноклеточную протококковую водоросль *Chlorella vulgaris* В.

Огромный интерес всего мира к хлорелле определяется, прежде всего, богатейшим составом всего спектра биологически активных веществ и высокой их концентрацией. Химический состав хлореллы зависит от состава питательной среды, на которой она выращена.

Важное биологическое свойство микроводорослей – возможность быстро приспосабливаться к различным концентрациям солей в питательном растворе.

Известны различные по концентрации питательные растворы, разработанные с учетом физиологических особенностей микроводорослей в культуре (Артари, 1903; Голлербах, Полянский, 1951; Сиренко и др., 1975). Наиболее концентрированными являются среды Тамия и Майерса (Владимирова, Семененко, 1962), которые обычно используют в закрытых лабораторных реакторах при высокоинтенсивном выращивании микроводорослей.

Одним из важных биогенных элементов питательных сред является азот. Давно было показано, что в условиях азотного голодания в клетках может накапливаться до 85 % липидов. На этом основании считали, что хлорелла имеет белково-липидную направленность метаболизма. Однако за последнее десятилетие было показано, что многие культуры обладают в тех же условиях, напротив, белково-углеводной направленностью метаболизма и могут синтезировать до 60 % углеводов.

Можно сделать вывод, что клетки хлореллы в зависимости от их генетических свойств и применяемых питательных сред могут быть превращены в системы, направленно синтезирующие белки, углеводы или жиры, что открывает принципиальные возможности управления не только интенсивностью, но и качественной стороной биосинтеза у микроводорослей.

УДК 628.5:666

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ПОСЛЕ ТЕРМООБЕЗВРЕЖИВАНИЯ В СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ЖЕЛОНКИН А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

С каждым годом все больше внимания уделяется отходам, образующимся в результате деятельности промышленных предприятий нефтехимии.

мического комплекса. Актуальным вопросом стоит поиск возможных путей их использования в качестве потенциального вторичного сырья.

Для уничтожения соледержащих сточных вод принят метод термического обезвреживания в циклонной топке, заключающийся в высокотемпературном окислении органических составляющих отходов кислородом воздуха при температуре до 1000 °С с последующей очисткой дымовых газов от минеральных солей. Раствор двухкомпонентной смеси солей натрия из отделения термического обезвреживания поступает в емкость для хранения, из которой насосом поступает в сушилку.

Материалом для данной работы послужили пробы сухой смеси солей, отобранные после термического обезвреживания и технологической сушки. Исследование сухой смеси солей на содержание химических элементов проводилось по пробам, отобранным в октябре 2014 г. Исследование содержания концентрации веществ использовался гравиметрический метод.

Результаты анализа показали наличие в пробах вещества фосфата натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – соль белого цвета. Фосфат натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  может использоваться как вторичное сырье, образовавшееся в цехе переработки и утилизации жидких и газообразных отходов «ОАО Казаньоргсинтез». Как сырье он имеет большой спектр применения, одно из основных – использование в стекольной промышленности для обесцвечивания стекла при его плавке.

УДК 574.4/5

## **ВИДЫ-АККЛИМАТИЗАНТЫ В РАЙОНЕ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ОАО «МЦБК»**

ХАМИТОВА М.Ф., Рябинский Н.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Калайда М.Л.

Акклиматизанты-зообентонты в Куйбышевском водохранилище играют важную роль в формировании гидробиоценозов.

В 2011, 2013 и 2014 гг. проводился мониторинг состояния гидробиоценоза в районе сброса сточных вод ОАО «МЦБК». Район сброса сточных вод комбината расположен в волжском плесе Куйбышевского водохранилища. Пробы отбирались со станций внутри вторичного отстойника комбината, выходящего из него сбросного канала в зоне смешения сточных вод с водами Куйбышевского водохранилища, а также выше и ниже точки сброса сточных вод по течению р. Волги.

Видовой состав зообентоса за весь период наблюдений насчитывает более 80 видов и форм зообентонтов. В 2011 г. было встречено 31, в 2013 г. – 58, а в 2014 г. – 52 вида и формы. Из них 4 вида относились к видам акклиматизантам – 3 вида моллюсков: *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), *D. polymorpha* (Pallas, 1771), *Lithoglyphus naticoides* (Preiffer, 1828) и многощетинковые черви *Hydranina invalida* (Grube, 1860).

Моллюски дрейссена встречались на участке Куйбышевского водохранилища с частотой встречаемости в разные годы от 40 до 100 % и во вторичном отстойнике во второй половине лета 2013 и 2014 гг. с численностью не более 20 экз/м<sup>2</sup>.

Частота встречаемости *Lithoglyphus naticoides* в 2013–14 гг. в псаммо- и пелофильных биоценозах Волжского плеса составила 100 % при численности от 53–233 экз/м<sup>2</sup> на контрольном участке до 120–320 экз/м<sup>2</sup> ниже места сброса по течению. Во вторичном отстойнике моллюск не был отмечен.

За период исследования данного участка полихета хипания впервые была встречена на контрольном участке в сентябре 2013 г. с численностью 20 экз/м<sup>2</sup>. В 2014 г. частота встречаемости *Hydranina invalida* составила 75 % на контрольном участке и 50 % ниже по течению точки сброса, во вторичном отстойнике хипании были встречены в августе 2014 г. в месте сброса сточных вод из первичного отстойника с численностью 60 экз/м<sup>2</sup>.

УДК 632.152: 549.67

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

ПАВЛОВА М.Г., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. ЧУГУНОВ Ю.В.

Очистка сточных вод – это комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах.

Процесс очистки делится на 4 этапа:

- 1) механический;
- 2) биологический;
- 3) физико-химический;
- 4) дезинфекция сточных вод.

Биологическая очистка предполагает деградацию органической составляющей сточных вод микроорганизмами (бактериями и простейшими).

На данном этапе происходит минерализация сточных вод, удаление органического азота и его соединений, фосфора.

Могут использоваться как аэробные, так и анаэробные микроорганизмы.

С технической точки зрения различают несколько вариантов биологической очистки. На данный момент основными являются активный ил (аэротенки), биофильтры и метантенки (анаэробное брожение).

В биологической очистке есть один большой минус. Микроорганизму, как любому живому объекту, свойственна гибель. Естественная гибель либо под действием определенных факторов (физический, химический, биологический). Так же в неблагоприятных для них условиях, они имеют способность превращаться в цисту. Циста – это временная форма существования микроорганизмов, характеризующаяся наличием защитной оболочки, которая образуется в неблагоприятных условиях.

Некоторые простейшие могут существовать в неблагоприятных условиях в форме цисты до нескольких десятков лет. Естественно, микроорганизм в это время свою роль очистителя не выполняет, поэтому вопрос о нахождении альтернативы микроорганизмам очень актуален.

Очистка сточной воды природными сорбентами, такими, как цеолит, шунгит, активированный уголь является экономически выгодной в случае предварительной очистки сточных вод с заведомо завышенными показателями загрязненности перед их направлением в резервуар биологической очистки. Остается выяснить, какой именно сорбент подойдет на эту роль лучше, он должен подходить и для очистки воды в установках замкнутого водоснабжения для выращивания рыбы.

УДК 639.4

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН НА РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ**

ГАСАНОВА Д.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОРИСОВА С.Д.

В качестве организующей роли по формированию особых рекреационных зон, имеющих ту или иную специализацию, могут рассматриваться рыбоводные хозяйства, которые базируются на системе ведения рыбоводства на рыбоводных прудах, малых водоемах и приусадебных участках с организацией активного времяпрепровождения, любительского и спортивного рыболовства для населения с различным уровнем доходов.

Актуальность исследования заключается в том, что на современном этапе развития экономических отношений все больше внимание уделяется

развитию специфической сферы народного хозяйства – сферы услуг. Одной из наиболее динамично развивающихся отраслей сферы услуг является создание рекреационных зон как объектов внутреннего или экологического туризма.

В последние годы в России вблизи крупных мегаполисов стремительно начало развиваться рыбоводство на водоемах площадью до 10 га. Как правило, это небольшие пруды, в которых рыбу содержат организации, осуществляющие платное любительское рыболовство и оказывающие разнообразные услуги населению. Рекреационное рыбоводство базируется на биологических основах ведения рыбоводства, использует рыбу определенных кондиций, выращенную в рыбоводных хозяйствах, а эффективность его функционирования определяется не уровнем рыбопродуктивности водоемов, а разнообразием и качеством оказываемых услуг и объемом вырученных средств от их реализации. Рекреационное рыбоводство является потенциальным и стабильным потребителем различных видов рыб, выращиваемых в товарном рыбоводстве.

Нами спроектировано культурное рыбоводное хозяйство на озере Лебяжье Зеленодольского района республики Татарстан, где в качестве объектов выращивания используются карп и толстолобик. Рекреационная зона представлена объектами спортивного и любительского рыболовства.

УДК 574.5

## **БИОЦЕНОЗ БИОФИЛЬТРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УЗВ**

ЕФИМОВ А.Е., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. ЧУГУНОВ Ю.В.

Биопленка биофильтра – сложный биоценоз, представленный микроорганизмами разных систематических групп – бактериями, простейшими, грибами, водорослями, некоторыми многоклеточными животными (колониальные, черви, личинки насекомых, водные клещи, низшие ракообразные).

Представители биоценозов биопленки биофильтра связаны между собой пищевыми отношениями. Низшее звено или первый трофический уровень в цепи питания составляют гетеротрофные бактерии, грибы, сапрофитные простейшие; второй – голозойные простейшие, питающиеся бактериями; третий – многоклеточные организмы.

Согласно общепринятой классификации различают биофильтры следующих видов: капельные биофильтры обычно проектируются прямоугольными, сточная вода подается сверху на поверхность загрузки при по-



мощи распределительных устройств различного типа; высоконагружаемые биофильтры (аэрофильтры) отличаются от капельных большей окислительной мощностью с применением загрузочного материала крупностью 40–70 мм; фильтры с плоскостной загрузкой – для повышения пропускной способности биофильтров используют плоскостную загрузку, пористость которой составляет 70–90 %. Рабочая поверхность для образования биопленки составляет от 60 до 250 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> загрузки. Биофильтр с плоскостной загрузкой размещают в закрытом помещении. Также применяют аэротенки-вытеснители для очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. Аэротенки-вытеснители предпочтительнее применять при отсутствии резких колебаний расхода сточных вод и содержания токсических веществ.

Можно сделать вывод, что вариантов биофильтров для УЗВ достаточно много. Также создаются на общей базе патенты новых биофильтров. Поэтому для УЗВ выгодней использовать высоконагружаемые биофильтры – по стоимости и пропускной способности они считаются самыми выгодными, или аэротенки-вытеснители, если вода для УЗВ берется непосредственно с прудов, озер, рек.

УДК 639.3:282

## **ИЗУЧЕНИЕ ПИТАНИЯ МОЛОДИ РЫБ ВОЛЖСКОГО ОТРОГА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

КАРУСЕВА А.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, преп. ГОРДЕЕВА М.Э.

Актуальность изучения питания молоди рыб определяется тем, что такие материалы необходимы для разработки рыбохозяйственных требований к научно-обоснованному режиму пользования природными ресурсами, в частности – самого крупного на р. Волге Куйбышевского водохранилища. Анализ материалов по питанию молоди рыб позволяет повысить качество прогнозов состояния рыбных запасов водоемов, что, в свою очередь, позволяет давать более точные лимиты вылова рыб, а следовательно, сохранить природные ресурсы. Немаловажно и то, что изучение качественного состава пищи, количественных характеристик питания, межвидовых пищевых отношений дает новые или уточненные сведения по биологии рыб. Степень обеспеченности пищей влияет на многие биологические показатели молоди рыб: темп роста (Кудринская, 1970а; Кузнецов, 1972; Pedersen et al., 1990); упитанность (Дадибян, 1967); продолжительность пе-

риодов развития (Кудринская, 1970а; Широбоков, 1987), что определяет, в конечном итоге, их выживаемость (Дементьева и др., 1961; Никольский, 1965; Кудринская, 1970а; Кузнецов, 1975; Salojarvi, 1982; Pedersen et al., 1990).

В работе приводятся данные о питании массовых видов молоди рыб Куйбышевского водохранилища в летний период 2013 г. Анализируются изменения, происходящие в спектрах питания молоди рыб под влиянием процесса формирования их кормовой базы. Также приводятся данные по разнице морфометрических показателей в средней длине, массе, возрасту и упитанности молоди рыб. На основании осуществленного анализа делаются выводы о кормовой обеспеченности этих рыб в водохранилище.

В ходе исследования наиболее массовыми видами были выявлены: укля ( *Alburnus alburnus L.* ), лещ ( *Abramis brama L.* ), окунь ( *Perca fluviatilis L.* ). По типу питания массовые виды рыб были представлены фитофагами и хищниками.

УДК 595.324.2:639.3

## КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *DAPHNIA MAGNA* НА БАКТЕРИАЛЬНОЙ СРЕДЕ

СОРОКИНА А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. ГОВОРКОВА Л.К.

Использование сбалансированных по своему составу кормов, а также правильная организация кормления искусственными и живыми кормами дает возможность выращивать разные виды рыб при использовании различных технологий и получать высококачественную продукцию, не затрачивая больших средств. Для кормления личинок рыб при их разведении необходим живой корм. В живых кормах наиболее полно концентрируется все вещества, необходимые для удовлетворения своих потребностей.

Ветвистоусые рачки *Daphnia* (отряд *Cladocera*) – один из лучших кормов молоди практически всех видов. Дафнии являются одним из наиболее полноценных по составу живых кормов. Высокое содержание белка, большое количество микроэлементов и витаминов, оптимальный аминокислотный состав белка – все это делает дафнии очень популярным кормом, который входит в том или ином виде в большинство искусственных кормосмесей, в том числе сухих кормов.

В свою очередь, *Daphnia Magna* питается различными группами бактерий, дрожжами, фитопланктоном и детритом. Наивысшую питательную

ценность представляют бактерии и грибы. Популяции рачков особенно быстро растут в среде с достаточным количеством бактерий, дрожжевых клеток и фитопланктона.

В литературе накопилось много данных, подтверждающих исключительно большую роль водных бактерий в трофической цепи зоопланктона. Применительно к ветвистоусым рачкам бактерии имеют основное, а при оптимальном развитии – решающее значение в их питании и в таких случаях обеспечивают все жизненные процессы у рачков.

Получить бактериальную культуру для питания рачков возможно путем культивирования популяций бактерий на тех или иных питательных средах. В зависимости от питательных потребностей бактерий бактериальные культуры могут быть получены на средах, в состав которых входят органические субстраты.

Культивирование *Daphnia Magna* на бактериальной культуре является одной из актуальных задач при создании живых кормов для молоди рыб.

УДК 639.4

### **МОЛЛЮСК ЛИТОГЛИФ (*LITHOGLYPHUS NATICOIDES* (*C. PFEIFFER*, 1828) В СОСТАВЕ БЕНТОСА**

ШАДЖАНОВА С.М., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

*Моллюски*, или *мягкотелые*, составляют ясно обособленную группу, и уже более ста лет назад их стали рассматривать как отдельный тип животных. Несмотря на огромное разнообразие форм, все моллюски имеют ряд характерных только для них признаков, которые, во-первых, подчеркивают общность и единство происхождения всей этой группы, а во-вторых, указывают на своеобразный путь ее эволюции.

Особый интерес представляет исследование распространения литоглифа обыкновенного (*Lithoglyphus naticoides* (*C. Pfeiffer*, 1828)). Это связано с тем, что он относится к акклиматизантам. Он является пресноводным брюхоногим моллюском семейства *Lithoglyphidae*. Имеет низкую, округло овальную, твердостенную раковину, ее поверхность бесцветная или слабо пигментированная, желтовато-зеленоватая, тонко и неравномерно исчерченная, матово блестящая. Литоглифы раздельнополы, половой диморфизм выражен слабо. Размножаются они один раз в год, весной. Самки откладывают яйца на раковины, иногда полностью приккры-

вая их. Продолжительность жизни литоглифов достигает 17 месяцев. Естественный ареал *L. naticoides* по распространению ископаемых раковин в четвертичных отложениях ограничен реками Азовского и Черного (от Дуная до Дона), Балтийского и Северного (от Немана до Рейна) морей. Интродукция в Волге (1971), вероятно, произошла при акклиматизации мизид из р. Дон в Волгоградское (тогда Сталинградское) водохранилище (1952 г.) или по Волго-Донскому каналу. Впервые в Астраханской области отмечен В.В. Пироговым.

После первого обнаружения в дельте Волги в начале 1970-х гг. черноморско-азовский моллюск *Lithoglyphus naticoides* расширил свой ареал за счет северных водоемов Верхневолжского бассейна. В 2004–2007 гг. новые популяции *L. naticoides* с высоким уровнем зараженности видами трематод найдены в Чебоксарском и Рыбинском водохранилищах.

УДК 639.3:282

## **ВЫРАЩИВАНИЕ БУФФАЛО НА ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ЗАИНСКОЙ ГРЭС**

ДИЛЬМУХАМЕТОВА И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, преп. ГОРДЕЕВА М.Э.

Заинская ГРЭС – крупнейшая тепловая конденсационная электростанция Татарская АССР, расположенная в поселке Новый Зай и входящая в Единую энергетическую систему Европейской части России. ГРЭС снабжает электроэнергией г. Казань и нефтяные промыслы Татарстана. В Татарской АССР в результате зарегулирования стока р. Степной Зай был образован водоем-охладитель Заинской ГРЭС. По степени подогрева водоем можно разделить на 3 участка: верхний, средний и нижний. Верхняя часть водохранилища – слабообогреваемая, среднегодовая температура воды в этой зоне равна 11,7 °С. В средней части водохранилища расположены водозаборные сооружения. Среднегодовая температура не превышает 14 °С. Нижняя приплотинная часть водоема является зоной наибольшего подогрева. Вследствие большого объема сбросных вод и более короткого циркуляционного кольца в этой части водоема происходит аккумуляция тепла, что приводит к подогреву воды в летнее время на 7–8 °С по сравнению с водоемами с естественным термическим режимом и определяет устойчивый термический режим зимой. Особый температурный режим водоема позволяет использовать его в качестве основного воспроизводственно-

го комплекса растительноядных рыб в регионе, что делает актуальным исследуемую тему.

Нами было проведено сравнение основных физико-химических и биологических показателей (температура нереста, условия нереста, половая зрелость, товарный выход, питание, физико-химические условия обитания) возможных видов рыб для выращивания на водоеме-охладителе Заинской ГРЭС. В качестве объектов для сравнения были выбраны пестрый и белый толстолобик, буффало большеротый, буффало малоротый и буффало черный.

В результате проведенного анализа и расчетов было выявлено, что наиболее подходящий вид для выращивания на водоеме охладителе Заинской ГРЭС является буффало большеротый (*Ictiobus cyprinellus*).

УДК 664.951

## **ИЗМЕНЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ**

КУЗЬМИН Н.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. ЛАПИН А.А.

Гидробионты являются важнейшими источниками незаменимых для человека питательных веществ: полноценных белков, легкоусвояемых жиров, в том числе ненасыщенных омега-3 и омега-6 жирных кислот, витаминов и минеральных веществ. Рациональное использование гидробионтов для пищевых, лечебных и технических целей основано на знаниях их химического состава и биохимических процессов, происходящих при их переработки и хранении.

Цель работы – проведение исследований антиоксидантной активности гидробионта – радужной форели в процессах переработки и хранения.

Исключительная роль антиоксидантов, содержащихся в рыбе, для организма человека побуждает к разработке различных технологических приемов, позволяющих максимально сохранить природные антиоксиданты и калорийность продуктов в процессах их переработки и хранения. Поэтому все технологические факторы при получении продуктов питания можно разделить на две категории: увеличивающие и уменьшающие их антиоксидантную активность.

Ранее в работах кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» КГЭУ было показано (Федянина, Лапин, 2011), что термическая обработка и соление форели приводит к понижению ее антиоксидантной активности.

По литературным источникам форель по средним значениям данных о пищевой ценности содержит: белков до 20 %, жиров до 10 %, углеводов 0 % при калорийности (ккал на 100 г) от 100 до 200. По калорийности продукты из форели можно расположить в ряд: в масле – 223, копченая – 132, отварная – 89, запеченная – 86, горячего копчения – 82, запеченная с овощами в фольге – 81.

Нами проведены исследования антиоксидантной активности в процессе засолки форели, в том числе с использованием вакуумной технологии, которая значительно ускоряет ее приготовление, что позволяет уменьшить потери полезных веществ, особенно жирорастворимых (А и D) и водорастворимых (В<sub>12</sub>) витаминов.

УДК 574.4/.5

## **ВИДЫ-ДОМИНАНТЫ В СОСТАВЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ВТОРИЧНОГО ОТСТОЙНИКА ОАО «МЦБК»**

ХАМИТОВА М.Ф., АХМЕРОВА Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

Материалом для данной работы послужили пробы гидробионтов, отобранные в 2013–2014 гг. из вторичного отстойника системы очистки сточных вод ОАО «МЦБК». Вторичный отстойник расположен внутри системы островов в Куйбышевском водохранилище напротив г. Волжска.

Целью данной работы явилось выявление доминирующих видов в структуре зообентоса вторичного отстойника. В структуре зообентоса были встречены 35 видов и форм зообентонтов. Выявление видов-доминантов проведено по индексам плотности и частоте встречаемости видов.

В районе сброса сточных вод во вторичный отстойник доминировали личинки *Eristalis* в 2014 г. (индекс плотности составил 4,6 при частоте встречаемости 50 %) и личинки *Culex* в 2013 (индекс плотности – 5,20 при частоте встречаемости 100 % и биомассе 93 г/м<sup>2</sup>). На мелководном участке в 2013 г. доминировали личинки *Diptera* с индексом плотности 2,40, частотой встречаемости 33 % и биомассой 100 г/м<sup>2</sup>; а в 2014 г. доминировали личинки *Culex* и *Diptera* с индексом плотности 3,02 и 3,50 соответственно. Частота встречаемости у *Culex* составила 75 %. На глубоководном участке доминировали личинки жука-плавунца *Dytiscus* с индексом плотности 1,27, частотой встречаемости 25 % и биомассой 81 г/м<sup>2</sup>. На прибрежном участке в 2013 г. доминировали моллюски *Viviparus contectus* с индексом плотно-

сти 23,60, частотой встречаемости 33% и биомассой 2500 г/м<sup>2</sup>, а в 2014 г. доминировали личинки хирономид *Chironomus gr. plumosus* (L., 1758) с индексом плотности 6,01, частотой встречаемости 75 % и биомассой 167,5 г/м<sup>2</sup>. В сбросном канале в 2013 г. наиболее встречаемыми были личинки хирономид *Glyptotendipes gr. gripekoveni* (Kief., 1913) с частотой встречаемости 100 %, индексом плотности 10,4 и биомассой, а в 2014 г. встречены моллюски *Unio sp.* (Ph., 1788). Интересным фактом является обнаружение полихеты хипании в 2014 г. в районе сброса сточных вод с индексом плотности 1,08, биомассой 0,19 г/м<sup>2</sup> и численностью 60 экз/м<sup>2</sup>.

УДК 574.4/5

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД В РАЙОНЕ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ОАО «МЦБК»**

ИСЛЯМОВА А.А., ХАМИТОВА М.Ф., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

ОАО «МЦБК» расположено в республике Марий Эл, г. Волжске. Место сброса сточных вод находится в 2 км от левого берега р. Волги. Выше по течению р. Волги, примерно в 100 км, находится Чебоксарский гидроузел, ниже – примерно в 250 км – Куйбышевский.

Исследование проводилось с августа по сентябрь 2013 г. с пяти станций и с июля по сентябрь 2014 г. с трех станций, расположенных в районе сброса сточных вод ОАО «МЦБК», были собраны и обработаны гидробиологические пробы. Две станции находились выше по течению точки сброса, две – ниже по течению и одна станция – в зоне смешения сточных вод с водами Куйбышевского водохранилища.

В результате проведенного исследования в зообентосе были встречены 65 видов и форм. Для оценки качества вод нами были рассчитаны индексы удельного биотического разнообразия (УБР) и индексы видового разнообразия Шеннона (H).

Считается, что при величине индекса более 3 – воды «чистые», при индексе менее 1 – «грязные», а при индексе менее 3, но более 1 – «умеренно-загрязненные».

Индексы видового разнообразия Шеннона, рассчитанные по численности бентоса, достигали до 3,3. На контрольном участке в 2013 г. воды оценивались как «умеренно-загрязненные», а в сентябре как «чистые». Ниже по течению и в зоне смешения как «умеренно-загрязненные». Выше по течению в 2014 г. воды оценивались как «умеренно-загрязненные» и

«грязные» в августе. В зоне смешения как «умеренно-загрязненные». Ниже по течению как «чистые» в июле, «умеренно-загрязненные» в августе, и «грязные» в сентябре.

Отмечено сохранение способности вод в месте смешения сточных вод с водами Куйбышевского водохранилища к самоочищению. В целом участок характеризуется как «умеренно-загрязненный».

УДК 595.142.39

## **ИНДИКАЦИЯ ВОД ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕЛеноЙ ВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS***

ОВЧИННИКОВА К.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОРИСОВА С.Д.

В настоящее время в условиях усиления антропогенного воздействия на водные ресурсы особенно актуальным становится определение приоритетных задач в области охраны вод и их рациональное использование. Особую значимость в данном контексте приобретают озера в черте крупных мегаполисов, которые являются объектами многоцелевого использования.

Выбор озера Средний Кабан в качестве объекта исследования связан с тем, что экосистема озера испытывает высокую степень антропогенной нагрузки, в первую очередь, за счет поступления сточных вод промышленных предприятий.

В качестве тест-объекта при проведении биотестирования используется одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella Vulgaris*. Хлорелла распространена практически по всему миру, что делает ее доступным биологическим объектом, быстро размножается, штамм водоросли хлорелла способен в течение долгого времени без поддержания стерильности оставаться альгологически чистой культурой. Не менее важным фактором можно считать высокую чувствительность хлореллы к широкому спектру естественных и искусственных токсикантов.

Исследования, проводимые аспирантом кафедры ВБА М.Э. Гордеевой, позволили провести зонирование акватории озера С. Кабан по характеристикам состояния экосистем, которые находятся в зависимости от особенностей температурного режима зоны. Зона I типа – зона промышленного загрязнения. Зона II типа – зона верховьев озера, за-



нимающая северо-западную часть озера, где наблюдается циркуляция воды. Зона III типа – зона промышленного и теплового загрязнения.

Пробы для биотестирования были отобраны из вышеперечисленных зон. Проведенное биотестирование на одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella Vulgaris* показало, что отобранные пробы воды не токсичны, т.к. критерий токсичности не превышен. Исследуемая вода из всех трех зон вызвала стимуляцию роста хлореллы, при этом значения отклонений оптической плотности исследуемых вод от контроля не превышает 30 %.

УДК 556.117

## **РОЛЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В МЕЗОТРОФНОМ ВОДОЕМЕ**

САДЫКОВА Л.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. ГОВОРКОВА Л.К.

Бактерии входят в состав ультрапланктона, к которому относятся организмы размером не более 5 микрон. От видового состава и количества микрокроорганизмов, содержащихся в воде, зависит ее качество. В природных пресноводных водоемах обычно доминируют группы: гетеротрофные, углеродооксилирующие, целлюлозоразрушающие, фосфатмобилизующие и фосфаторастворяющие, нитрифицирующие бактерии. Все они участвуют в синтезе и разложении как органических, так и неорганических соединений, используемых фитопланктоном и зоопланктоном в их жизнедеятельности. В составе бактериопланктона могут присутствовать и вредные для здоровья человека и животных организмы (например, условно-патогенная кишечная палочка *Escherichia coli*), которые при определенных условиях (эвтрофирование, повышение температуры, изменение химического состава воды) переходят к массовому развитию, что снижает санитарные показатели качества воды.

Бактерии, включая в продукционный процесс растворенное органическое вещество и некормовой фитопланктон, участвуя в формировании пищевой ценности детрита, тем самым играют существенную роль в процессах трофодинамики. Возможность использования бактерий в качестве пищи водными беспозвоночными доказана экспериментально еще в 40-е гг. (Родина, 1949). Большинство работ по бактериальному питанию зоопланктона проведены в лабораторных условиях с использованием либо чистых культур бактерий, либо отдельных представителей организмов-потребителей. Проведение исследований в условиях, максимально приближенных к естественным с сохранением всех структурно-

функциональных характеристик изучаемых организмов, является одной из актуальных проблем трофологии.

Одним из важнейших компонентов водных экосистем являются планктонные микроорганизмы. Бактериопланктон играет существенную роль во всех процессах, происходящих в водоемах, обладает высокой скоростью реагирования на изменение условий среды и служат индикаторами качества вод и состояния экосистемы.

УДК 595.142.39

## **БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОД ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАКООБРАЗНЫХ *DAPHNIA MAGNA* *STRAUS***

АХМЕТОВА Д.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. БОРИСОВА С.Д.

Поверхностные воды (пресноводные водоемы и водотоки) являются наиболее важными для жизнедеятельности человека. Исследование водных экосистем особенно важно с точки зрения изучения их токсического действия, так как известна общая тенденция последнего времени – активное распределение токсикантов в водной среде и аккумуляция их в донных отложениях. Токсичность – характеристика биологическая и может быть определена только с использованием живых организмов, поскольку получаемые аналитическими методами концентрации отдельных загрязняющих веществ не позволяют оценить их экологическое влияние на биоту.

Выбор оз. Средний Кабан в качестве объекта исследования связан с тем, что экосистема озера испытывает высокую степень антропогенной нагрузки, в первую очередь, за счет поступления сточных вод промышленных предприятий.

Дафнии – один из стандартных объектов для тестирования токсичности водных растворов химических соединений, применяемых в исследовании загрязнений водной среды. В законодательном порядке этот веслоногий рачок включен в число тест-объектов для оценки качества воды во многих странах мира.

Исследования, проводимые аспирантом кафедры ВБА М.Э. Гордеевой, позволили провести зонирование акватории оз. С. Кабан по характеристикам состояния экосистем, которые находятся в зависимости от особенностей температурного режима зоны. Зона I типа – зона промышленного загрязнения. Зона II типа – зона верховьев озера, занимающая северо-

западную часть озера, где наблюдается циркуляция воды. Зона III типа – зона промышленного и теплового загрязнения.

Пробы для биотестирования были отобраны из вышеперечисленных зон. Проведенное биотестирование на дафниях показало, что все отобраные пробы воды не оказывают острого токсического действия на живые организмы.

УДК 574.4/5

## ПИЯВКИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТОЧНЫХ ВОД ОАО «КОМЗ»

ХАМИТОВА М.Ф., ИСМАГИЛОВ Ф.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. КАЛАЙДА М.Л.

Мониторинг состояния вод в условиях антропогенного воздействия включает исследование структуры биоценозов. Среди гидробионтов важной компонентой бентоса являются пиявки, способные переживать неблагоприятные условия в виде покоящихся стадий. Класс пиявок (*Nirudinea*) насчитывает около 400 видов. По типу питания пиявки хищники или паразиты.

Казанский оптико-механический завод (ОАО «КОМЗ») одно из крупнейших предприятий Республики Татарстан. Район сброса сточных вод расположен выше города Казани по течению р. Казанки. Сточные воды завода подаются в русловой части р. Казанки через подводный колодец.

Исследование макрозообентоса проводилось в 2013 г. Пробы отбирались с 7 станций – 3 станции выше по течению точки сброса и 4 станции в районе сброса. На контрольном участке отмечались илистые грунты с растительными остатками, в месте сброса – глинистые и песчаные.

Видовой состав пиявок за весь период наблюдений насчитывал 2 вида – *Helobdella stagnalis* и *Herpobdella octoculata*.

*Helobdella stagnalis* – мелкая очень подвижная пиявка, питается кровью червей и моллюсков. Часто встречается в стоячих водоемах. На исследованном участке встречалась на всех станциях с частотой встречаемости от 33 до 67 %. Численность двуглазой пиявки выше по течению варьировала от 20 до 140 экз/м<sup>2</sup>, при биомассе до 0,5 г/м<sup>2</sup>. Ниже по течению от 20 до 80 экз/м<sup>2</sup>, при биомассе до 1,31 г/м<sup>2</sup>.

*Herpobdella octoculata* – малая ложноконская пиявка, поедает червей и других беспозвоночных животных. Водится в болотистых водоемах и мелких каналах. На исследованном участке встречалась выше по течению

с частотой встречаемости 33 %, а в месте сброса с частотой встречаемости до 67 %. Численность малой ложноконской пиявки выше по течению составляла не более 20 экз/м<sup>2</sup>, при биомассе до 0,44 г/м<sup>2</sup>, ниже по течению от 20 до 60 экз/м<sup>2</sup>, при биомассе до 4,3 г/м<sup>2</sup>.

УДК 574:628.3

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ ЗЕРНОВЫХ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

АРЖАНКИНА Е.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. БАРИЕВА Э.Р.

В связи с ужесточением экологических требований и увеличением платы за загрязнение окружающей среды и размещение отходов на сегодняшний день проблема утилизации зерновых отходов агропромышленного комплекса особенно актуальна. К данному виду отходов относят отходы от механической очистки и сортировки зерна: соломистые частицы, лузгу, шелуху. Зерновые отходы, согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, отнесены к 4–5 классам опасности.

Перспективным методом утилизации зерновых отходов является использование их в качестве сорбента для очистки загрязненных вод, так как отходы зерновых культур обладают высокой нефтеемкостью, удерживающей способностью и технологичностью. К примеру, нефтеемкость рисовой лузги и лузги гречихи – 5 г/г. Наиболее целесообразно применять данный сорбент для очистки загрязненных вод нефтепродуктами и нефтью, например, при аварийном разливе загрязнителя. В зависимости от начальной величины загрязнения водного объекта степень очистки данным методом составляет более 95 %.

Перспективным также является использование зерновых отходов для очистки ливневых и талых и некоторых производственных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами. Рекомендуется использовать модифицированную лузгу пшеницы и ячменя (термическая обработка при  $T = 300$  °С в течение 20 минут) в качестве фильтрующего материала в фильтрах доочистки сточных вод. Нефтеемкость термически обработанной лузги пшеницы и ячменя составляет 10,45 г/г. Целесообразно использовать предлагаемый адсорбент в блоках доочистки ЕугоРЕК CFR вместо угля марки АГ-3. Эффективность очистки на выходе из фильтра по взвешенным, коллоидным примесям и нефтепродуктам составляет 98,7 %.

Преимущества данного метода утилизации зерновых отходов: малое капиталовложение в производство сорбентов, низкая стоимость сорбента, технологичность, простоту в обращении, высокую степень очистки сточных вод от нефтепродуктов.

УДК 620.0:502

## **ЭНЕРГЕТИКИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

АЩАУЛОВА В.С., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р с.-х. наук, проф. МЕЛЬЦАЕВ И.Г.

Производство тепловой и электрической энергии сопровождается выбросом в природную среду огромного количества различного рода загрязняющих веществ и тепла, которые пагубно действуют на живое вещество, в том числе человека. Основная часть электроэнергии (70 %) в России вырабатывается на тепловых электрических станциях, где используется каменный уголь. При работе тепловых электрических станций РФ, сжигающих каменный уголь, ежегодно образуется более 100 млн т золошлаковых отходов, из которых примерно используется только около 10–12 %. На золоотвалах действующих теплоэнергетических станций скопилось около 2,0 млрд т золы, что само по себе уже составляет экологическую опасность. При сжигании каменного угля с отходящими газами в окружающую среду поступает некоторых элементов больше, чем их добывается из недр земли. Поступают сернистый ангидрид, окислы серы, фтористые соединения, окислы азота, оксид и диоксид углерода, а также токсичные примеси мышьяка, двуокись кремния соединения бенз(а)пирена, диоксины и другие соединения. По экспертным оценкам каждые 7 млрд т парниковых газов повышают температуру атмосферного воздуха примерно на 0,00464 °С или ежегодно повышаются примерно на 0,0186 °С. Потепление климата повлечет за собой таяние горных ледниковых шапок и льда в океанах, что приведет к подтоплению суши приморских стран, что серьезно скажется на производстве продуктов питания и обеспечения населения питьевой водой. Сточные воды тепловых ТЭС содержат ванадий, никель, фтор, фенолы, нефтепродукты и др. Они через воду или с продукцией растениеводства и животноводства, в конечном счете, попадут в организм человека. Длительное воздействие сернистых соединений негативно действуют на сердечно-сосудистую систему, способствуют возникновению бронхита, астмы и других заболеваний. Окислы азота вызывают отек легких, раздражение слизистых оболочек глаза и носа. Оксид углерода вызывает кислородное

голодание организма, вследствие чего нарушается деятельность центральной нервной системы. Окислы азота, серы и углерода, соединяясь с водяным паром атмосферного воздуха, вызывают кислотные дожди, которые губительно действуют на растения и на микрофлору почвы.

УДК 621.187

## **МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ ВОД УСТАНОВОК ХИМИЧЕСКОГО ОБЕССОЛИВАНИЯ ДОБАВОЧНОЙ ВОДЫ НА ТЭС**

БУДАЕВА А.Ю., ИГЭУ, г. Иваново  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЛАРИН Б.М.;  
канд. техн. наук, доц. ЕРЁМИНА Н.А.

Экологические проблемы химводоочисток ТЭС являются одним из основных аргументов в пользу применения мембранных технологий водоподготовки в замен ионитных фильтров.

В данной работе предлагается простой метод сокращения объема минерализованных сточных вод обессоливающей установки на основе использования измерений электропроводности с последующей отдельной утилизацией условно чистого и минерализованного стоков.

Было проведено технологическое испытание оборудования обессоливающей установки Костромской ГРЭС (КГРЭС), в ходе которого получены выходные кривые регенерации катионитных и анионитных фильтров первого блока фильтров.

Для уменьшения расхода воды на собственные нужды установки на КГРЭС предусмотрен отвод от фильтров вод взрыхляющей промывки в бак промстоков с последующей очисткой и возвратом в технологический цикл.

Кислотный сток, как и щелочной, может быть разделен на два потока: условно чистый сток с удельной электропроводностью и минерализованный сток.

При наличии нескольких баков-нейтрализаторов, как на КГРЭС, появляется возможность собирать условно чистые стоки кислотной и щелочной регенерации в один бак-нейтрализатор, а минерализованные – в другой, где предполагается интенсивное образование осадка гипса  $\text{CaSO}_4$ .

После этого раствор может подаваться на выпарной аппарат, обеспечивающий выход увлажненных кристаллических солей, пригодных для транспортирования.

УДК 628.3

## **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ФИЛИАЛА ОАО «ВОДОКАНАЛСЕРВИС» – «ЗЕЛЕНОДОЛЬСК-ВОДОКАНАЛ»**

БИКЗИНУРОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. геогр. наук, доц. АПКИН Р.Н.

«Зеленодольск-Водоканал» – филиал ОАО «Водоканалсервис» – является предприятием, от которого зависит жизнедеятельность г. Зеленодольска, пгт. Васильево и с. Айша Республики Татарстан.

Основными видами деятельности предприятия являются: надежное и качественное снабжение потребителей водой, прием, отвод и очистка сточных вод, обеспечение своевременного и качественного ремонта водопроводных и канализационных сетей и сооружений, монтаж и наладка водопроводно-канализационных систем и другого оборудования, а также контроль качества водопроводной и сточной вод. Экологической проблемой предприятия является увеличение поступления токсичных стоков.

Предприятия мясоперерабатывающей промышленности осуществляют залповые сбросы сточных вод в городскую канализацию. Поскольку эти предприятия находятся в непосредственной близости от очистных сооружений (нет необходимого разбавления стоков) происходит большая нагрузка на БОС.

Рассмотрим два варианта решения этой проблемы:

1. Для решения проблемы увеличения поступления токсичных стоков может применяться химическая очистка сточных вод – окисление либо электрохимическая обработка. Применение химической очистки в данном случае целесообразно применять перед биологической очисткой, чтобы уменьшить нагрузку на БОС. Под окислительным методом в данной работе предлагаются установки хлорирования. Применение электрохимических методов очистки решает проблему предварительного разбавления сточных вод, не вызывает увеличения их солевого состава, позволяет утилизировать ценные примеси из сточных вод, упрощает технологическую схему очистки и эксплуатацию сооружений.

2. Вторым методом решения данной проблемы является сорбция. Сорбционная очистка может применяться совместно с биологической как метод предварительной и глубокой очистки для уменьшения нагрузки на БОС. Преимуществами этого метода являются возможность адсорбции веществ многокомпонентных смесей и высокая эффективность очистки сточных вод.

УДК 628

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В КАЧЕСТВЕ ЕДИНСТВЕННОГО СУБСТРАТА ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

ЗАЙНАШЕВА З.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. ДЫГАНОВА Р.Я.

Свекловичный жом является основным отходом производства сахара и представляет собой обессахаренную свекольную стружку толщиной около 2 мм. Выход жома из сахарной свеклы в зависимости от принятой технологии и способа его удаления с предприятия составляет 55–90 % от общей отработанной массы.

Вопрос утилизации данного отхода в настоящее время стоит особо остро для предприятия ОАО «Буинский сахарный завод», так как хранилища жома занимают большие территории, и в процессе хранения и дальнейшего разложения он загрязняет окружающую среду. Эффективным способом утилизации жома является его использование в качестве сырья для биоэнергетической установки с целью снижения энергопотребления предприятия за счет утилизации получаемого биогаза.

Автором проведены лабораторные исследования перспективности моноброжения. Первичный эксперимент поставлен в лаборатории Казанского государственного энергетического университета. Трехдневный свекловичный жом, отобранный на предприятии ОАО «Буинский сахарный завод», был помещен в лабораторные биогазовые мини-установки одноступенчатого процесса брожения. В течении двух недель проводились наблюдения за реакцией.

Результаты эксперимента показали, что газообразование нарушилось вследствие задержек в развитии уксусо- и метанобразующих бактерий. Свойство свекловичного жома быстро окисляться привело к резкому снижению уровня рН. Так как в биогазовой установке отсутствовали другие виды субстратов, способные привязать к себе свободные ионы, выровнять уровень рН не представлялось возможным.

На основании результатов первичного эксперимента сделан следующий вывод: моноброжение свекловичного жома в установках одноступенчатого процесса брожения трудно осуществимо по причине быстрого окисления данного субстрата.



УДК 628.3

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИРОВОГО КОМБИНАТА**

ИВАНОВА А.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. БАРИЕВА Э.Р.

Сточные воды жирового комбината являются интенсивным источником загрязнения окружающей среды.

Выбор технологического процесса очистки зависит от содержания загрязняющих веществ. Очистку сточных вод на предприятиях пищевой промышленности осуществляют преимущественно в две стадии: первичная очистка от основного количества загрязнений и вторичная очистка на биологических очистных сооружениях. В отдельных случаях применяют третичную очистку (доочистку), необходимость которой определяется условиями сброса сточных вод в водоем или использованием очищенных сточных вод для технического водоснабжения.

Исходя из этого, нами было проведено изучение химического состава сточных вод и технологический процесс их очистки. После проведения химического анализа на содержание загрязняющих веществ было выявлено превышение концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Процесс очистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод жирового комбината состоит из следующих стадий:

- выделение из сточных вод песка и других минеральных примесей на песколовках;
- определение расхода сточных вод, поступающих в приемную камеру песколовки с помощью треугольного водослива;
- биологическая очистка сточных вод аэротенке;
- аэрация сточных вод в аэротенке и контактных резервуарах;
- циркуляция активного ила через иловую камеру;
- продолжительность пребывания сточных вод в зоне отстаивания;
- обеззараживание избыточного активного ила на дегельминтизаторе;
- обезвоживание избыточного активного ила на иловых площадках.

Анализ химического состава сточных вод показал, что используемая технологическая схема очистки является малоэффективной. Таким образом, можно сделать вывод о том, что на жировом комбинате задача очистки сточных вод остается актуальной и требует разработку технических решений с внедрением новых технологий, которые позволят повысить эффективность очистки.

УДК 628.3

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ**

КАШАПОВА Д.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. БАРИЕВА Э.Р.

Целью данной работы является разработка и предложение проекта по доочистке производственных сточных вод на гидроэлектростанции (ГЭС) от нефтепродуктов. Для достижения цели данной работы поставлен ряд задач: изучить существующую технологическую схему очистки; обосновать необходимость усовершенствования существующих очистных сооружений; предложить необходимое новое оборудование для доочистки производственных сточных вод; рассчитать экономическую эффективность проекта.

Производственная канализация в здании ГЭС предусмотрена для отвода: дренажных вод с крышек турбин; вод после пожаротушения тоннелей маслonaполненных кабелей; воды и масла с бака из техподполья; вод от мытья полов; масла; грязевых вод. Вода после очистки на существующем нефтемаслоотделителе перекачивается на городские очистные сооружения.

По данным, предоставленным ГЭС, идет превышение показателей по нефтепродуктам, следовательно, необходимо принять меры по сокращению концентрации нефтепродуктов. Для доочистки производственных сточных вод предлагается внедрить оборудование Российской компании Юкка Инжиниринг – сорбционный фильтр VodCo CH/2 – К. В сорбционном фильтре использована динамическая адсорбция, то есть процесс, при котором загрязненный сток протекает через неподвижный слой сорбента – фиброила. При насыщении сорбента нефтепродуктами допускается его регенерация экстрагированием растворителями или же центрифугированием. Достоинствами сорбционного фильтра VodCoCH/2 – К являются: эффективная очистка от нефтепродуктов 95–99 %; содержание нефтяных веществ после очистки 0,05 мг/л; многократная регенерация фиброила максимально уменьшает эксплуатационные затраты на работу фильтра; фиброил является безопасным при соприкосновении с питьевой водой.

Общие затраты на проектирование очистных сооружений составят 110000 руб. Экономический эффект после установки очистных сооруже-

ний составляет 23126,3 руб. Окупаемость для предприятия составит 4,7 года.

УДК 629.13:502

## **АВТОТРАНСПОРТ – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР БИОСФЕРЫ**

КРУПИНА А.Н., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р с.-х. наук, проф. МЕЛЬЦАЕВ И.Г.

В настоящее время наряду с крупными промышленными предприятиями автомобильный транспорт является серьезным загрязнителем окружающей среды. С отработанными газами в атмосферу выбрасывается около 200 веществ разной опасности и вредности. Мобильный автотранспорт считается наиболее опасным техническим средством. Так, в 2008 г. в дорожно-транспортных происшествиях погибло 33,3 тыс. чел, травмы различной тяжести получили 292,2 тыс. чел, в 2009 г. погибло 26084 чел, ранение получили 257034, в 2010 соответственно 26,6 и 250,6 тыс., в 2011 г. – 27,9 и 251,8 тыс., в 2012 – 28,0 и 251,6, 2013 (январь-ноябрь) 27025, в 2014 г. за период (январь-октябрь) погибло 22663 чел. и ранено 208603 чел. Напоминает это фронтовые потери. Исследования по выбросу вредных веществ на улицах г. Иваново с интенсивным движением автомобильного транспорта показали, что экологическая обстановка здесь крайне неблагоприятна по многим вредным соединениям. Ивановская область по загрязненности вредными и опасными веществами занимает третье место и четвертое по заболеваемости населения различными видами болезней.

Содержание бенз(а)пирена и альдегидов на исследуемых участках оказалось выше ПДК в 13,7, 11,6 раза (ПДК  $10^{-6}$  и  $0,012 \text{ мг/м}^3$ ). Бенз(а)пирен и альдегид являются канцерогенами. В сыворотке крови человека его растворимость достигает до 50 мкг/мл. В организме человека они аккумулируются до критических концентраций и стимулируют образование злокачественных опухолей. О влиянии загрязнения среды обитания бенз(а)пиреном и альдегидами говорят статистические данные о средней заболеваемости. Онкологическая заболеваемость на 1000 чел. населения в Ивановской области составляет 14,7 чел., в смежных областях – Ярославской, Владимирской и Костромской соответственно – 13,8, 12,0 и 9,6 чел. Большую тревогу вызывают врожденные аномалии, которые по отношению к 2005 г. увеличились в анализируемых территориях. Шум, создаваемый автотранспортом, также оказывает вредное воздействие на зрительный и вестибулярный анализаторы и рефлекторную деятельность.

У водителя снижается острота зрения, сужается поле видимости, изменяется восприятие цвета или способность оценивать расстояние до встречного автомобиля. Особенно вреден шум в сочетании с вибрацией и инфразвуком.

УДК 504.054, 628.3

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ ВОДОПОДГОТОВКИ**

КУЛАГИН Д.А., (ф) КНИТУ, г. Бугульма  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДМИТРИЕВА А.Ю.

Экологические проблемы в стране требуют повышения эффективности охраны окружающей среды путем внедрения и совершенствования энергосберегающих технологий.

При работе химических и нефтехимических предприятий одним из важнейших этапов технологических процессов является водоподготовка и получение воды нормативного качества. В основном используется умягчение воды методом катионного обмена или сочетание его с обратным осмосом, что требует больших энергетических затрат, обуславливающих значительное увеличение количества сжигаемого топлива, среди которого основные: твердые частицы (зола, пыль, сажа), оксиды серы и азота, а также в меньших количествах монооксид углерода, альдегиды, органические кислоты. При сжигании необходимого количества природного газа в работе предприятия органического синтеза с потреблением 124750 кг/ч речной воды за год выбрасывается около 145,49 т  $\text{NO}_x$ , 130 т оксида углерода.

В целях снижения энергетических затрат был исследован и предложен способ электромагнитной обработки воды в диапазоне частот 1 – 20 кГц. Изучено его влияние на снижение содержания солей временной жесткости в водных растворах и найдены условия, обеспечивающие максимум эффективности.

Разработан способ многоступенчатой электромагнитной обработки воды для интенсификации разложения солей жесткости с удалением углекислого газа методом ультразвуковой дегазации и образующихся осадков из системы.

Экспериментальные данные показали, что эффективность вышеописанного метода умягчения водного раствора увеличилась в 19 раз.

Исследуемый метод умягчения эффективен для удаления гидрокарбонатных солей в водоподготовке и может быть предложен для промышленного применения.

УДК 628

## **СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОДАХ**

МЕЛЕНТЬЕВА А.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. биол. наук, доц. БАРИЕВА Э.Р.

В предложенной работе рассматривается возможный вариант повышения эффективности очистки гальванических сточных вод и доведения уровня содержания в них тяжелых металлов до предельно допустимых концентраций с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящий момент очищенные сточные воды гальванического цеха сбрасываются в хозфекальную канализацию с содержанием меди и никеля, превышающим допустимые нормы. Для решения этой проблемы одним из возможных вариантов является внедрение в цикл очистки дополнительного оборудования, представленного сорбционным фильтром РПИ СФ-15.

Проведенные эколого-экономические расчеты, а также технические характеристики рассматриваемого оборудования свидетельствуют о том, что данный вариант очистки высокоминерализованных кислотно-щелочных стоков, в состав которых входят  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$ , является наиболее оптимальным.

Срок окупаемости предлагаемых мероприятий составляет 1 год 8 месяцев.

УДК 621.316.1

## **ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНО СОЗДАННОЙ ДЛЯ ЭТОГО ПРОГРАММЫ**

ПЕТРОВ Т.И., ЯДУТОВ В.В., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЮСКЕВИЧ О.И.

Цель работы: создать простую в использовании программу, которая позволяет примерно оценить уровень ЭМП любого элемента электриче-

ских сетей, поле которого стоит учитывать при влиянии на здоровье человека, и автоматически оценить находится ли данная величина в безопасных пределах.

В настоящее время для определения величины ЭМП в основном используются практические измерения (первое измерение уровня ЭМП ЛЭП, к примеру, производится только при сдаче ее в эксплуатацию). Связано это с тем, что теоретических методов расчета, подтвержденных законодательно, не существует. Наша же программа позволит предварительно оценить уровень поля и сделать выводы, стоит ли производить полную проверку или уровень ЭМП будет удовлетворительным, что дает возможность в будущем получить выгоду от целесообразного проектирования ЛЭП и экономики времени.

УДК 004.49

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ И ПЛАНШЕТОВ

САБИРОВ Р.А., ТИХОНОВ А.А., БИКЧАНТАЕВА С.И.,  
МИРЗОШАРИФЗОДА Н.Д., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Известно отрицательное влияние пульсации света на зрение человека. В связи с этим нами проведены исследования на пульсацию экранов мобильных телефонов и планшетов прибором ТКА-ПКМ (08). Результаты исследования пульсации смартфонов и планшетов ( $K_{\text{пульс}}$ ) представлены при заданной яркости дисплея (Люкс) в виде **Наименование:** Модель\_Люкс\_ $K_{\text{пульс}}$ .

### *Экраны планшетов*

**Sony:** Xperia tablet Z3 compact 8\_47\_3. **Samsung:** Galaxy TabS 8.4\_4,9\_45; Galaxy Tab3 Kids\_216\_0. **Asus:** Transformer Pad TF103CG\_24\_1,8; Fonepad ME175CG7\_17,7\_1. **Aser:** Iconia Tab A3-A11 10.1\_99\_3; Iconia Tab7 A1-713HD\_56,8\_7,1. **DELL:** Venue 8\_208\_0. **Huawei:** Media Pad 8M1\_1,1\_9. **Lenovo:** Tab A8-50.8\_14,2\_3; Tab A7-507\_52,6-9. **Prestigio:** Multi Pad4 PMP7079D Diamond7.85\_50,2\_2,5; Multi Pad4 PMP5785C Quantum7.85\_3,1\_3,7. **Apple:** iPad mini 3\_26\_0.8.

*Экраны смартфонов*

**Nokia:** Lumia1020\_85,6\_28,7; n8\_36,8\_0,4; N70\_65\_12; C3\_139\_0.  
**HTC:** one\_112\_0; Desire x\_81\_0. **Fly:** iq4403\_233\_0,7. **Alkatel:** one touch\_70\_0,5. **Explay:** fresh\_33\_0; sky plus\_30\_0. **Lg:** e450\_47\_0; Optimus 19\_296\_0. **Samsung:** Galaxy s3\_92\_21,5; gt-s5250\_41\_0,1; Galaxy s4 mini\_147\_1,4. **Lenovo:** s820\_450\_0; p780\_38\_0. **Huawei:** g310\_111\_0; Honor 3\_289\_0. **Sony:** Xperia z1\_373\_0; Xperia V\_15\_0. **Iphone:** 5\_391\_0; 4\_388\_0; 5c\_41\_0.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, уровень пульсаций более 5 % вреден и проведенные исследования позволили определить устройства, превышающие данные нормы.

УДК 004.49

### **АНАЛИЗ УРОВНЯ МЕРЦАНИЯ ЭКРАНОВ МОНИТОРОВ, НОУТБУКОВ, ТЕЛЕВИЗОРОВ**

САБИРОВ Р.А., ТИХОНОВ А.А., БИКЧАНТАЕВА С.И.,  
 МИРЗОШАРИФЗОДА Н.Д., КГЭУ, г. Казань  
 Науч. рук. д-р хим. наук, проф. КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Пульсация – это микромерцания ламп искусственного освещения, невидимые для глаза, но отрицательно влияющие на зрение. Нами проведены измерения уровня пульсации различных устройств отображения информации – компьютерных мониторов, экранов ноутбуков, телевизоров при помощи люксметра-пульсметра ТКА-ПКМ 08. По санитарным нормам при работе с монитором компьютера уровень пульсаций частотой до 300 Гц не должен превышать 5 %.

Результаты исследования экранов и мониторов представлены ниже (Наименование: Модель\_К<sub>люкс</sub>\_К<sub>пульс</sub>): **ЭКРАНЫ ТЕЛЕВИЗОРОВ:**  
**Sony:** KDL40W605B\_200\_0,7; KDL42W705B\_109\_0,8; KDL42W706B\_216\_0,6; KDL42W828B\_88\_2. **LG:** Ultra\_HD424B820V\_110\_3; 42LB690V\_504\_17; 42LB675V\_316\_10; 42LB671V\_89\_7,1. **Samsung:** 4E40H6410AU\_370\_2; 4E48H6350Ak\_108\_12; 4E40H6650AT\_103\_10; 4E46H6203Ak\_316\_4,3. **Philips:** 47PFT5209/60\_46,6\_35,5; 40PFL80089/60\_427\_9,1; 7300 Series 42PFS7309/60\_120\_1,6; Ultra HD 49PUS7809/60\_63,8\_4,3. **AKAI:** LEA-39j29P\_47,5\_15,5; LEA-39A08G\_87,3\_5,7; LEA-32C25M\_93,7\_0,8. **Supra:** STV-LC32T850WL\_98,4\_0,8. **SHARP:** LC-32LD165RU\_56,9\_26,6.

**ЭКРАНЫ НОУТБУКОВ: DELL:** Inspiron3542-9127\_48\_0; Inspiron3138-3012\_43\_0. **Acer:** AspireES1-511C7QA\_49\_0,2; AspireV3-5726-72PX\_24\_0,2;

AspireES-5216-61UC\_45\_0. **Asus:** K550CCXO1287H\_44\_5,2; N56jk-XO061H\_61\_0; Memo Pad ME302KLFHD10.1\_101\_0,4. **Sony:** SVF1532G64RB\_54\_0; SVF1521L2RW\_38\_2,2. **Lenovo:** IDEAPADZ507059423239\_24\_0. **HP:** 15r155nr\_45\_0; Slate book x2 10.1\_157\_0. **Samsung:** Galaxy note pro12.2– 40; Galaxy Tabs10.5\_111\_2,6; Galaxy Note2014 10.1\_98\_0. **МОНИТОРЫ: LG:** Flatron F700B\_557\_200; Flatron F720B\_190\_50; Flatron L1918S\_100\_0; Flatron L1918S\_42\_4,7; 23MP65HQ-P\_21\_0; 22MP550-P\_9,4\_0. **Acer:** V245HLbdTN\_9,1\_0; G247HLbd\_307\_0; V276HLbd\_13,9\_13,9. **DELL:** S2340L\_50\_25. **Samsung:** S24C350BL\_320\_2,4; S276970PLS\_35\_0. **NEC:** EA243WMBK\_10,8\_12,9.

Как видно из экспериментальных данных, устройства с коэффициентом пульсации более 5 % потенциально опасно. У мониторов LG Flatron F700B\_557\_200 с элетронно-лучевой трубкой показания оказались наихудшими.

УДК 658.3

## ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДА АРСКА И РЕКИ КАЗАНКИ

САФИУЛЛИН Х.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. геогр. наук, доц. АПКИН Р.Н.

Город Арск – административный центр Арского муниципального района, расположенный в северо-западной части Республики Татарстан к северо-востоку от г. Казани.

Канализационные очистные сооружения в комплектно-блочном исполнении производительностью 7000 м<sup>3</sup>/сутки предназначены для полной биологической очистки бытовых и близких к ним по составу сточных вод систем канализации жилых застроек и промышленных предприятий г. Арска

Канализационные очистные должны достичь высоких, качественных показателей работы г. Арска и предотвращения загрязнения сточными водами реки Казанки – водного объекта, используемого для культурно-бытовых нужд населения и являющегося притоком реки Волги, главной артерией России. Основными экологическими проблемами в г. Арске в настоящее время являются:

– частичный охват территории системами централизованного водоснабжения и канализации;



- отсутствие организованных зон санитарной охраны (ЗСО) водозаборов и несоответствие качества добываемых вод нормативам;
- неполная очистка стоков на биологических очистных сооружениях (БОС);
- наличие неблагоприятных инженерно-геологических процессов (овраги, затопление и подтопление территорий).

Основными путями решения проблем являются: проведение комплекса природоохранных мероприятий на предприятиях; организация и благоустройство охранной зоны памятника природы р. Казанки; использование кольцевого дренажа на территории, подверженной подтоплению; вовлечение водотоков в рекреационное использование. В целях охраны подземных вод ставится вопрос о необходимости разработки проектов ЗСО существующих водозаборов, полное обеспечение населения системами централизованного водоснабжения и канализации, расширение БОС, развитие систем газо- и теплоснабжения.

УДК 628.5

## **МИНИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМОВ НЕУТИЛИЗИРУЕМЫХ ОТХОДОВ ЗА СЧЕТ СЕЛЕКТИВНОГО СБОРА**

СИТДИКОВА Л.Р., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. доц. ФЕДОРОВ Г.Ю.

Для любого населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов всегда является проблемой не только социальной, но и экологической. Весьма важно, чтобы процессы утилизации бытовых отходов не нарушали экологическую безопасность, нормальное функционирование коммунального хозяйства с точки зрения общественной санитарии, а также условия жизни населения в целом.

Для минимизации объемов не утилизируемых отходов, размещаемых на полигонах ТБО, большую помощь оказывает внедрение системы селективного сбора. Раздельно собранные отходы – это не мусор, это вторичное сырье, из которого можно получать нужные нам товары или энергию, не увеличивая нагрузку на окружающую среду увеличением площади полигонов ТБО. Ключевым вопросом жизнеспособности системы селективного сбора является поддержка населением на начальном этапе. Поэтому важнейшим элементом в успешной реализации масштабных схем раздельного сбора ТБО является вовлечение и участие в них населения.

С учетом вышесказанного, главной целью обращения с отходами является организация системы отдельного сбора отходов производства и потребления в целях извлечения полезных компонентов для повторного использования, поэтому одним из важнейших вопросов при обращении с отходами остается внедрение системы селективного сбора ТБО.

УДК 628.5

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ**

СИТДИКОВА Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Установки по умягчению воды используются для удаления из исходной воды солей жесткости (соли Са и Mg). Обессоливание применяется для удаления солей всех остальных ионов металлов. Для извлечения солей из воды применяется ряд методов, среди которых: способ обессоливания воды электролизом в электродиализаторе; ионный обмен; дистилляция (выпаривание); обратный осмос. С точки зрения научно технического прогресса, наиболее перспективными представляются методы обессоливания на основе мембранных технологий. Основные преимущества мембранных технологий: снижение величины потребления химических реагентов (кислот, щелочей) на несколько порядков; исключается образование агрессивных высокоминерализованных сточных вод, соответственно, отсутствует необходимость нейтрализации и обработки стоков; значительное (в 2–3 раза) сокращение занимаемых площадей; минимизация вредных воздействий на окружающую среду.

Замена традиционных методов обессоливания воды на мембранные технологии позволяет повысить качество получаемого продукта, и существенно снизить негативное воздействие на ОС. Благодаря положительному экономическому эффекту, обратный осмос может быть представлен как лучший вариант проектирования водоподготовительных систем на многих предприятиях химии, нефтехимии и энергетических объектах.

УДК 551.583

## **ВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА АТМОСФЕРЫ ПОСТЪЯДЕРНЫХ КОНФЛИКТОВ**

ХАМИДУЛЛИНА М.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. МОСКАЛЕНКО Н.И.

Рассматриваются воздействия возможных постъядерных конфликтов на окружающую среду и климат Земли. Анализируются основные факторы

воздействий ядерных взрывов на окружающую среду и временные тренды изменений климата.

Выполнено зональное моделирование временных трендов изменения состояния атмосферы постъядерных конфликтов. Снижение температуры пограничного слоя атмосферы в начальный период постъядерного конфликта сменяется временным трендом потепления. При этом среднеглобальная температура пограничного слоя атмосферы Северного полушария при установлении радиационно-конвективного равновесия атмосферы может на  $3\div 5$  °С превысить исходную температуру (рис. 1).

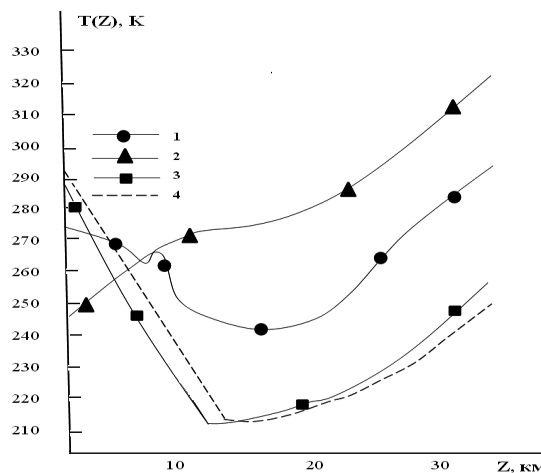


Рис. 1. Результаты зонального моделирования вертикальных профилей температуры в широтном поясе Северного полушария Земли в начальный момент, предшествующий ядерному конфликту (3), на пятый день постъядерного конфликта (1), через 2 года (4), модель Кратцена (2)

Зональное моделирование радиационного теплообмена позволяет учесть влияние теплообмена на временные вариации состояния атмосферы постъядерного конфликта путем использования среднестатистических данных временных вариаций циркуляции атмосферы и вод зоны перемешивания океанов. Возможные последствия этих процессов требуют специального рассмотрения.

УДК 502.174

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ЮДИНА О.И., ЧЕСНОКОВА Т.Ю., ИГЭУ, г. Иваново  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ЕРЁМИНА Н.А.

Для охраны окружающей среды большое значение имеет решение проблемы кислотных осадков.

Кислотными называются любые осадки – дожди, туманы, снег, кислотность которых выше нормальной. В соответствии с ГОСТ 17.2.1.03-84 кислотными считаются осадки с  $pH < 5,6$ . К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, более узко называемых кислотными отложениями.

Основными загрязнителями воздушного бассейна Ивановской области являются предприятия теплоэнергетики, такие как Ивановский филиал ОАО «ТГК 6» (ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3), а также ОАО «Техуглерод и резина», выбросы от которых составляют более 50 % всех выбросов от стационарных источников. Также существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха области вносят ООО «Эггер Древпродукт» (Шуйский район), ОАО «Автокран» (г. Иваново), предприятия жилищно-коммунального хозяйства, имеющие на своем балансе крупные котельные, отапливающие населенные пункты [1].

В ходе учебных исследовательских работ в 2013–2014 гг. авторами были проведены анализы  $pH$  снега на территории, прилегающей к ИГЭУ. Значения колебались от 4,2 до 4,5. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что атмосферные осадки, выпавшие прошедшей зимой, можно отнести к кислотным. Это связано с тем, что количество атмосферных осадков в этот период было очень мало, а предприятия работали в обычном режиме. Поэтому накопившиеся кислые газы растворялись в меньшем, чем обычно, количестве атмосферной влаги.

Для более глубокой оценки проблемы кислотных осадков в Ивановской области требуется дальнейшее исследование, набор статистических данных по сезонам и по выбросам в атмосферный воздух основных предприятий-загрязнителей воздуха.

УДК 574.52

## **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФАТОВ В СТОЧНОЙ ВОДЕ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ**

ШАРИФУЛЛИНА А.А., ШАРИФУЛЛИНА А.А., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. ДРЕМИЧЕВА Е.С.

Современный этап развития цивилизации в большинстве стран мира привел к резкому возрастанию количества различных отходов антропогенного характера и массовому загрязнению поверхностных и подземных вод. Ежегодно речной сток выносит в мировой океан до 6,5 млн т фосфора. К

одним из распространенных загрязняющих веществ водных объектов относятся фосфатсодержащие сточные воды.

Фосфор относится к числу биогенных элементов, имеющих особое значение для развития жизни в водных объектах. Соединения фосфора встречаются во всех живых организмах, они регулируют энергетические процессы клеточного обмена. При отсутствии соединений фосфора в воде рост и развитие водной растительности прекращается, однако избыток их также приводит к негативным последствиям, вызывая процессы эвтрофирования водного объекта и ухудшение качества воды.

Исследования проводили на сточной воде. Серия исследований была направлена на определение эффективных доз реагентов по их активной части. Эффективными полагали те, при которых концентрация фосфатов в отстаиваемой воде не превышала ПДК.

Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод, что удаление фосфатов из сточных вод в биологической очистке при использовании отходов производств, является перспективным методом. Однако стабильность процесса очистки стоков достигается при корректировке рН.

Для достижения в обработанной воде ПДК по коагулирующим ионам металлов требуется фильтрование отстаиваемой сточной воды.

Исследования показали, что концентрация фосфатов снизилась и не превышает нормы, прописанные в таксации рыбохозяйственных водных объектов. Использование шлама в биологической очистке сточных вод значительно снижает содержание фосфатов в сточных водах, что благоприятно сказывается на водных объектах города Казани.

УДК 504.06

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

ЩЕРБАКОВА К.Е., КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. доц. ФЕДОРОВ Г.Ю.

Одной из актуальных проблем промышленных предприятий является увеличение степени очистки сточных вод до установленных нормативов с целью возможного их использования в системе оборотного водоснабжения и предотвращения их сброса в водные объекты.

Предприятия Российской Федерации, расположенные вблизи водоемов, не имеют систему оборотного водоснабжения, которая предотвратит сброс недостаточно очищенных стоков в водоемы рыбохозяйственного на-

значения, тем самым снизит плату за сброс загрязняющих веществ со сточными водами и непременно снизит плату за забор воды из водных объектов.

Внедрение системы оборотного водоснабжения позволяет снизить неблагоприятную экологическую нагрузку на водный объект:

- значительно уменьшается забор воды из природного источника;
- снижается или прекращается сброс нагретых вод и загрязняющих веществ в водоемы.

В производстве применяют три основные схемы оборотного водоснабжения соответственно назначению воды:

– если вода является теплоносителем и в процессе использования лишь нагревается, не загрязняясь, то стоки от производства направляются в охладитель, далее возвращаются обратно в производство;

– если вода служит средой, транспортирующей, поглощающей или экстрагирующей механические и растворенные примеси, и в процессе использования загрязняется, то стоки от производства направляются в очистные сооружения, а далее направляются на производство;

– при комплексном использовании воды, когда она является транспортирующей, поглощающей и экстрагирующей средой и одновременно служит теплоносителем, то в оборотной системе появляется и охладитель, и очистные сооружения.

Очистить сточные воды до нормативных показателей технической воды гораздо легче, чем до ПДК сброса в водные объекты. Таким образом, современная экологическая ситуация способствует более широкому внедрению и использованию систем оборотного водоснабжения.

Оборотная система очистки сточных вод позволит не только повысить уровень очистки сточных вод, но и предотвратит сброс в рыбохозяйственные водные объекты загрязненных сточных вод. Также сократит платежи за пользование водным объектом и исключит платежи за сброс загрязненных вод в водоем.

УДК 628.3

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

ЯМАЛИЕВ Ф.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. БАРИЕВА Э.Р.

На сегодняшний день одной из актуальных проблем является очистка сточных вод, т.к. сточные воды с территории городов и промышленных

предприятий являются интенсивным фактором антропогенной нагрузки на природные водные объекты. На многих предприятиях очистные сооружения для очистки стоков отсутствуют, а имеющиеся не эксплуатируются в связи с их физической и моральной изношенностью.

Одними из основных загрязняющих веществ в сточных водах предприятий легкой промышленности являются взвешенные вещества и нефтепродукты. Для повышения эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов я предлагаю использовать комбинированный песко-нефтеуловитель. Сточная вода поступает в приемный отсек установки, где происходит осаждение взвешенных веществ под действием сил тяжести. Частично освобожденная от взвешенных веществ вода проходит дополнительную очистку на тонкослойных фильтрующих блоках. Здесь происходит выделение остаточной взвеси, коалесценция нефтепродуктов. Далее сточные воды проходят доочистку на сорбционном блоке. Удаление загрязнений производится через соответствующий стояк.

Степень очистки по нефтепродуктам – до 0,03 мг/л, а по взвешенным веществам – до 3 мг/л. Эффективность очистки сточных вод составляет 99 %, что позволяет использовать очищенную воду в производственных целях, для полива территории или сбрасывать очищенную воду в водоемы и на рельеф местности. Срок окупаемости составляет 1 год 6 месяцев.

## СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТСЕКЦИЯ 1. СИСТЕМНАЯ АВТОМАТИКА, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА  
И ПРОТИВОАВАРИЙНОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<b>Абдрахманов А.Х.</b> Автоматическая противопожарная защита подстанций . . . . .	3
<b>Ахатов Д.А.</b> Режимы работы нейтрали сетей среднего напряжения . . . . .	4
<b>Бисвас К.</b> Проблема калибровки термоподвесок ТУР-01 для глубоких зерновых силосов . . . . .	5
<b>Галиева Г.Н.</b> Перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью . . . . .	6
<b>Галлямова Л.Х.</b> Влияние объектов распределенной генерации на энергосистему . . . . .	7
<b>Гончаренко Г.И.</b> Разработка автоматизированной системы диагностирования технологических процессов и оборудования предприятий нефтегазовой отрасли . . . . .	7
<b>Дуспулов С.Г., Маков Д.С.</b> Моделирование и расчет устойчивости электропередачи в среде Mathcad . . . . .	8
<b>Карманов Н.Г.</b> Модернизация релейной защиты подстанций 110/35/10 кВ . . . . .	9
<b>Кильсинбаев Т.Н.</b> Разработка автоматизированной системы диагностирования технологических процессов и оборудования предприятий нефтегазовой отрасли . . . . .	10
<b>Кильсинбаев Т.Н., Хакимов Т.И.</b> Разработка системы «Улучшенное управление» для оценки технического состояния электрооборудования с применением виртуальных анализаторов для предприятий нефтегазовой отрасли . . . . .	11
<b>Кянжин А.П., Туркин Е.В., Тятов З.А.</b> Анализ применения САД-пакетов в задачах автоматизации проектирования ЭЭС . . . . .	12
<b>Макаров А.П., Тихомиров Е.О.</b> Построение границ области устойчивости электроэнергетической системы с помощью пакета Mathcad . . . . .	13
<b>Недобежкин А.Н., Грибовский П.В.</b> Компьютерные технологии автоматизированного учета электроэнергии на сетевом предприятии . . . . .	14
<b>Нифатов А.Н.</b> Температурная математическая модель помещения птицекомплекса с электровентиляцией . . . . .	15
<b>Оконников И.Н.</b> Автоматика ограничения перегрузки оборудования с контролем температуры . . . . .	16



<b>Оленин А.Г.</b> Математическая модель электропривода колеса мобильного транспортера . . . . .	16
<b>Рахматуллин Р.Р.</b> О совместимости работы устройств релейной защиты и автоматики, выполненных на разных элементных базах, в системе защиты воздушной линии высокого напряжения . . . . .	17
<b>Christoph Thomas, Artur Sagdatullin</b> Efficiency improving of oil-production based on chain drive automation . . . . .	18
<b>Сафиуллин Т.Ф., Синякаев Р.Р.</b> Система поддержания уровня в ёмкости на базе микроконтроллера Arduino Uno . . . . .	19
<b>Соколов Н.С.</b> Повышение эффективности дальнего резервирования в релейной защите . . . . .	20
<b>Филатова Г.А.</b> Определение места замыкания на землю в кабельных сетях 6-10 кВ по параметрам переходного процесса . . . . .	21
<b>Хазиев Р.Р., Гаязов Р.И.</b> Особенности релейной защиты и автоматика систем электроснабжения целлюлозно-бумажного комбината . . . . .	22
<b>Хайруллин Р.Р., Хасанов Т.Н.</b> Выбор рационального варианта сложной технической системы методом анализа иерархии . . . . .	23
<b>Хафизов А.М., Фомичев С.С., Аслаев Р.Р.</b> Разработка автоматизированной системы мониторинга технологических процессов и электрооборудования предприятий нефтегазовой отрасли . . . . .	24
<b>Хисматуллин А.Б.</b> Основные виды защит от замыканий на землю в распределительных сетях 6-35 кВ . . . . .	25
<b>Хабибуллин М.Н.</b> Анализ возможности внедрения «цифровых подстанций» . . . . .	26
<b>Цаплин Д.Ю.</b> Автоматизация управления осветительными установками . . . . .	26
<b>Чернов Д.А.</b> Анализ вертикального профиля ветра на территории Дальневосточного федерального округа России . . . . .	27
<b>Шарифуллин А.Ф.</b> Выполнение защит блоков «генератор-трансформатор-линия» . . . . .	28

## **СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПОТЕРЯМИ И КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

<b>Абрамченко Е.В.</b> Использование матричных методов расчета трехфазных схем замещения в электрических сетях малых населенных пунктов . . . . .	30
<b>Айгузина В.В.</b> Средства реализации вихретокового контроля объектов с различной формой поверхности . . . . .	31
<b>Асхатов Р.И., Гарипов Р.И.</b> Солнечные батареи . . . . .	31
<b>Ахметшин А.Р.</b> Выбор оптимального решения для обеспечения качественной электроэнергией потребителей распределительных электрических сетей 0,4-10 кВ . . . . .	32

<b>Бабораик А.М.</b> Низковольтная часть регистратора частичных разрядов . . . . .	33
<b>Багаутдинов В.Ф., Галиев А.А., Ризванова Г.И., Филинова А.Д.</b> Применение программного продукта Simulink для расчетов режимов дальних электропередач сверхвысокого напряжения . . . . .	34
<b>Баймурзина А.А. Хуснутдинова И.Г.</b> Методы оценки поврежденности металлических конструктивных элементов электроэнергетического оборудования . . . . .	35
<b>Балабанчик С.В.</b> Компьютерное моделирование шунтирующего реактора, управляемого по 12-пульсной схеме . . . . .	36
<b>Бахтеев К.Р.</b> Проблемы интеграции малой генерации в ЕЭС и пути их решения с помощью математического моделирования как инструмента для прогнозирования аварийных режимов . . . . .	37
<b>Бибиков Р.Р.</b> Светодиодный индикатор состояния электроизоляционной конструкции . . . . .	38
<b>Биятто Е.В., Привалихина К.К.</b> Модернизация и реконструкция подстанций с использованием современного энергоэффективного оборудования . . . . .	39
<b>Большакова Ю.Н.</b> Реакция глаза на импульсный свет и последствия влияния на физиологию человека . . . . .	40
<b>Бурганов А.А.</b> Разработка устройства и методики контроля технического состояния силовых трансформаторов без снятия напряжения . . . . .	41
<b>Валеев И.Ш.</b> Умная электрическая сеть для питания автономных потребителей электрической энергии . . . . .	42
<b>Валеев И.И.</b> Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях . . . . .	43
<b>Валиев А.Р.</b> Современные методы диагностики трансформаторов и методика обработки результатов тепловизионного контроля . . . . .	44
<b>Волчков Р.С., Волчков Э.С.</b> Обеспечение качественной электроэнергии потребителей распределительных электрических сетей напряжением 0,4 кВ . . . . .	45
<b>Волчков Э.С., Волчков Р.С.</b> Устранение несимметрии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ . . . . .	46
<b>Воробьева Д.Ю., Глушкова А.И.</b> Энергосбережение в СЭС бытовых потребителей . . . . .	47
<b>Воронин К.А., Хренов Л.А.</b> Электроэнергетическая система координированного адаптивного управления . . . . .	48
<b>Габдрахимов И.А.</b> Методика определения характера и места повреждения кабелей среднего напряжения методом частичных разрядов . . . . .	49

<b>Газизов А.И., Янчурина А.М.</b> Разработка программно-аппаратного комплекса для оценки технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом . . . . .	50
<b>Газизова Л.Р.</b> Моделирование дефектов полимерной изоляции методом конечных элементов . . . . .	51
<b>Галиев Р.Ф.</b> Снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях с двусторонним питанием . . . . .	51
<b>Галимова А.С., Никитина К.Н.</b> Перспективы развития и тенденции рынка светотехники . . . . .	52
<b>Галимханов З.Т., Мухаметшин А.И.</b> Биогаз в энергетике и его перспективы . . . . .	53
<b>Галишина И.А.</b> Диагностика маслonaполненного электрооборудования хроматографическими методами . . . . .	54
<b>Ганиев И.Ф.</b> Применение теории нейронных сетей для распознавания обрывов воздушных линий электропередач напряжением 6-10 кВ . . . . .	55
<b>Гареев М.О.</b> Экономия электроэнергии в быт . . . . .	56
<b>Гарипов С.И.</b> Анализ надежности коммутационных полупроводниковых аппаратов . . . . .	57
<b>Гевис Г.Е.</b> Влияние погодных условий на потребление электрической энергии . . . . .	58
<b>Гилязов И.Р.</b> Внедрение корректирующих устройств в распределительных сетях 0,4 кВ . . . . .	59
<b>Горячев М.П.</b> Док-станции для подзарядки беспилотных аппаратов и устройств диагностики от линий электропередачи . . . . .	60
<b>Губарев А.А., Макаров Я.В.</b> Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях с учетом метеорологических условий . . . . .	61
<b>Гарифьянов А.Ф.</b> О расчете плоского поля . . . . .	62
<b>Дербенев А.В.</b> Расчет параметров переходных процессов в кабельных сетях . . . . .	63
<b>Дербенев С.В.</b> Анализ эксплуатации кабельных сетей напряжением 6-35 кВ . . . . .	64
<b>Джебрил М.Р.</b> Диагностическая модель силового трансформатора: понятийный аппарат . . . . .	65
<b>Дияров Р.З.</b> Метод частичных разрядов . . . . .	66
<b>Дронкин Р.Э., Галочкин Н.В.</b> Устранение недостатков устройств мониторинга гололедообразований на ВЛ . . . . .	67
<b>Ермеев Р.И., Лихачев А.С., Исхаков Р.И., Набиуллин Т.И.</b> Расчет поправочного коэффициента для выбора вольтодобавочного трансформатора на напряжения 10 кВ с использованием программы Simulink . . . . .	68
<b>Зайнакова И.Ф., Юмагузин У.Ф., Самородов А.В.</b> Оценка технического состояния насосных агрегатов нефтегазового производства . . . . .	69

<b>Закиров А.З.</b> Проблемы высших гармоник в современных системах электроснабжения . . . . .	70
<b>Зиганшин А.Д.</b> Методика регенерации гибридных источников электроэнергии . . . . .	71
<b>Зиганшин А.Д.</b> Гибридный накопитель электроэнергии для ЕНЭС на базе аккумуляторов и суперконденсаторов . . . . .	72
<b>Зимнякова М.В.</b> Магнитно-импульсная электротехнология обжима «кабель-наконечник» . . . . .	73
<b>Золотарев И.А.</b> Система мониторинга температуры провода воздушной линии электропередачи . . . . .	74
<b>Зубков Д.А.</b> Модернизация коллекторно-щеточного узла электродвигателя постоянного тока . . . . .	75
<b>Зюзин М.О., Кузнецова А.И.</b> Влияние квазипостоянных токов на режимы работы систем электроснабжения . . . . .	76
<b>Иванов Н.А., Казанцев А.А.</b> Предохранитель многократного действия . . . . .	77
<b>Игнатьева С.Б.</b> Основные пути рационального использования электроэнергии в системах промышленного электроснабжения . . . . .	78
<b>Казанцев А.А.</b> О проблемах энергосбережения и повышения энергоэффективности при применении современных инновационных трансформаторов . . . . .	79
<b>Казанцев А.А., Михайлова Т.В.</b> К вопросу о выборе силового трансформатора . . . . .	80
<b>Каримова А.Г., Суфиянов А.М.</b> Исследование нелинейных свойств полупроводниковых свечей зажигания . . . . .	81
<b>Карташова А.А.</b> Совершенствование метода определения фурановых соединений в трансформаторном масле . . . . .	82
<b>Касимова Н.С.</b> Повышение надежности систем электроснабжения промышленных предприятий . . . . .	83
<b>Кассем С.А., Бабораик А.М.</b> Моделирование осмотической электроустановки и расчета электрических параметров . . . . .	84
<b>Киямов Р.А.</b> Анализ виброакустических методов определения технического состояния машин и механизмов . . . . .	85
<b>Когалла В.К.</b> Оптимизация режима работы нескольких источников электроэнергии на общую нагрузку . . . . .	86
<b>Костарев И.А.</b> Экспериментальные исследования опытного образца устройства новой защиты компенсированных сетей 6-35 кВ от однофазных замыканий на землю . . . . .	86
<b>Кочетков В.В., Шишков А.Г.</b> Комплексная система автоматического управления параметрами узла нагрузки системы электроснабжения . . . . .	87
<b>Крицкий М.В.</b> Оптимизация режимов электроэнергетических систем и станций . . . . .	88

<b>Кубарьков И.Д.</b> Оптимизация сечения кабелей для минимизации стоимости жизненного цикла . . . . .	89
<b>Кувандыков Ф.Р., Федосов Е.М.</b> Выбор диагностических параметров частичных разрядов в высоковольтных кабельных линиях . . . . .	90
<b>Кусмарцев М.А.</b> Анализ современных САПР . . . . .	91
<b>Латыпов Р.Р.</b> Индикатор состояния электроизоляционной конструкции на ЖКИ . . . . .	
<b>Ле Суан Хонг</b> Объективная оценка технико-экономических показателей новых систем тягового привода вагонов метрополитена . . . . .	92
<b>Леонтьев А.М.</b> Применение инновационных экологичных пенетрантов для люменесцентной дефектоскопии. . . . .	93
<b>Лоддэ А.К.</b> Сравнительный анализ методов распределения нагрузки между силовыми агрегатами . . . . .	94
<b>Мазитов Р.Р.</b> Исследование экономичных режимов работы трансформаторов с обоснованием использования современных технологий и материалов . . . . .	95
<b>Макаров Я.В., Голубева К.А.</b> Децентрализация генерации для оптимизации уровней напряжения . . . . .	96
<b>Макаров Я.В., Голубева К.А.</b> Внедрение распределенной генерации в интеллектуальных электрических сетях для снижения потерь электроэнергии . . . . .	97
<b>Малеева Е.И.</b> Возможность применения четырехфазной шестипроводной ЛЭП в условиях Крайнего Севера . . . . .	98
<b>Меднов А.А., Минияров А.Х.</b> Сравнительный анализ программных пакетов Ansys Fluent, Ansys Icerak при моделировании тепловых процессов в электромеханических преобразователях энергии . . . . .	99
<b>Миначетдинова А.Ф.</b> Влияние физического износа электрооборудования на показатели надежности систем промышленного электроснабжения . . . . .	100
<b>Минияров А.Х., Меднов А.А.</b> Автоматизированное проектирование высокоскоростных электрических машин . . . . .	101
<b>Минуллин М.Р.</b> Оценка обеспечения безотказности электроснабжения потребителей при использовании в системе временной избыточности . . . . .	102
<b>Мисулин Д.А.</b> Разработка мероприятий по энергосбережению на коксохимическом производстве металлургического предприятия . . . . .	103
<b>Морозова Д.Ю.</b> Диагностика состояния электроэнергетического и электротехнического оборудования с помощью магнито-жидкостных датчиков угла наклона . . . . .	104
<b>Муратова В.В.</b> Метод измерения параметров по мгновенным значениям входного напряжения и тока, связанным с переходом ортогональных составляющих напряжения через ноль . . . . .	105

<b>Назмутдинов И.М.</b> Выбор оптимального сопротивления токоограничивающих реакторов при воздействии провалов напряжения на электрическую сеть . . . . .	106
<b>Назмутдинов И.М.</b> Применение математического моделирования в среде программного пакета Matlab + Simulink для выбора оптимального сопротивления токоограничивающих реакторов для электрических сетей промышленных предприятий . . . . .	107
<b>Ндайзейе Мартин.</b> Диагностика обмоток силовых автотрансформаторов на основе анализа резонансных частот их модели .	108
<b>Ненахов А.И.</b> Перспективы развития устройств компенсации реактивной мощности . . . . .	109
<b>Никитин П.И.</b> Новые технологии в трансформаторостроении	110
<b>Николаева Т.П.</b> Определение энергоэффективности электрооборудования промышленных предприятий в зависимости от технического состояния . . . . .	111
<b>Новикова Ф.Ш.Ж. да К.</b> Оценка технического состояния кабельной линии 6 кВ на основе частотного метода диагностики . . . . .	112
<b>Нургалиева А.Р.</b> Повышение надежности электрического снабжения с внедрением газопоршневых генераторных установок . .	113
<b>Нуруллин И.Р.</b> Задача оптимального выбора конфигурации распределительной электрической сети петлевой структуры . . . . .	114
<b>Перминов С.А.</b> Методы снижения потерь в сетях 0,4 кВ . . . . .	115
<b>Петров В.В.</b> Использование регулирующего эффекта по напряжению для крупных узлов нагрузки . . . . .	116
<b>Пивоваров А.Е., Сальникова В.М.</b> Способ повышения устойчивости горения электрической дуги . . . . .	117
<b>Подрезов А.Н., Валеев И.М.</b> К вопросу повышения эффективности технологии очистки вредных газов . . . . .	118
<b>Привалихина К.К., Биятто Е.В.</b> Светотехнический энергоаудит образовательных учреждений и спортивных сооружений . . . . .	119
<b>Привалова В.М., Маликов С.В., Путенихина А.В.</b> Разработка интегральных критериев для оценки технического состояния машинных агрегатов . . . . .	120
<b>Редькин А.О.</b> Концепция повышения надежности воздушных линий электропередачи . . . . .	121
<b>Рожина М.А.</b> Разработка устройства, определяющего место повреждения на линиях 110 кВ и выше в условиях Крайнего Севера .	121
<b>Романов А.С.</b> Моделирование электрической дуги отключения	122
<b>Рузанов Р.В.</b> Анализ моделей прогнозирования планового часового потребления электрической энергии . . . . .	123
<b>Салемгареев Р.Р.</b> Расшифровка спектра амплитудно-частотной характеристики силовых трансформаторов . . . . .	124

<b>Салиева Л.М., Маликов А.В., Юмагузин У.Ф.</b> Исследование диагностических параметров оценки технического состояния и ресурса машинных агрегатов . . . . .	125
<b>Самофалов Ю.О.</b> Мониторинг режима районной электрической сети 6-10 кВ с целью выявления обрывов фаз воздушных линий	126
<b>Сандаков В.Д., Валеев И.М.</b> Разработка научных основ технологии и рекомендаций по совершенствованию оборудования для очистки дымовых газов электростанций от оксидов азота и серы . . . .	127
<b>Серпионова Т.А.</b> Анализ структуры потерь электроэнергии в системах электроснабжения . . . . .	128
<b>Сидорова В.Т., Карчин В.В.</b> Влияние компенсации реактивной мощности на показатели качества электроэнергии . . . . .	129
<b>Сидорова В.Т., Карчин В.В.</b> Уменьшение потерь активной мощности в неоднородных электрических сетях 10 кВ . . . . .	130
<b>Снитко И.С.</b> Применение математической модели динамических электромагнитных процессов в измерительных трансформаторах . . . . .	131
<b>Султанова И.Р.</b> Технология SMART GRID . . . . .	132
<b>Татуев А.В., Бородич Е.А.</b> Методики проектирования систем электроснабжения центров обработки данных . . . . .	133
<b>Тимофеева А.В.</b> Разработка конструкции линии электропередачи 220 кВ с повышенной пропускной способностью . . . . .	134
<b>Толпаев Д.В.</b> Анализ методики выбора воздушных и кабельных линий электропередач . . . . .	135
<b>Тумыркин Р.Р.</b> Компенсация реактивной мощности . . . . .	135
<b>Турченко А.Б.</b> Обмотки силового трансформатора U-образного типа . . . . .	136
<b>Челякова Н.В., Турченко А.Б.</b> Применение оптоволоконных датчиков для измерения температуры обмотки силового трансформатора . . . . .	137
<b>Тюленев И.С., Харламов А.В.</b> К расчету шума силовых трансформаторов . . . . .	137
<b>Уканеева Е.Р.</b> Емкостной отбор мощности для устройств измерения параметров высоковольтной трехфазной линии электропередачи . . . . .	138
<b>Усманов Д.Р., Хуснутдинова И.Г.</b> Электромагнитно-акустический метод диагностики металлических конструктивных элементов энергетического оборудования . . . . .	139
<b>Фасхутдинов М.Р.</b> Подавление гармоник тока и напряжения в распределительных сетях . . . . .	140
<b>Фахразиев И.З.</b> Сравнительный анализ люминесцентной и светодиодной лампы . . . . .	141

<b>Флягин П.С.</b> Применение кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена в распределительных сетях 6/10 кВ. Анализ эксплуатации . . . . .	142
<b>Фоменко Н.А., Сиялов Н.В.</b> Совершенствование мостового метода регистрации частичных разрядов в изоляции оборудования . .	143
<b>Хамидуллин В.И.</b> Влияние температуры трансформатора на потери электроэнергии . . . . .	144
<b>Хамидуллина А.Ш.</b> Диэлектрические масла на основе натуральных сложных эфиров . . . . .	145
<b>Ханнанова Н.М.</b> К вопросу электризации при транспортировке гранул полиэтилена на ОАО «Казаньоргсинтез» . . . . .	145
<b>Хузияхметова Э.А., Каркаев Р.Б., Тураби А.М., Орлов В.И.</b> Применение программного продукта Matlab для расчетов режимов распределительных электрических сетей 6-10 кВ . . . . .	146
<b>Хуснутдинов Р.А., Марданов Г.Д., Хуснутдинова А.Т.</b> Разработка двухканальной компьютерной системы регистрации частичных разрядов . . . . .	147
<b>Челякова Н.В.</b> Надежность систем диагностики и мониторинга частичных разрядов в изоляции силового трансформатора . . . . .	148
<b>Чурагулов Д.Г., Буляккулов А.М.</b> Разработка электромагнитного спектрального метода диагностики машинных агрегатов с электрическим приводом . . . . .	149
<b>Шандриков И.С.</b> Система мониторинга интенсивности гололедообразования на воздушных линиях электропередачи и в воздушных сетях . . . . .	150
<b>Шиянов Н.В.</b> Способы борьбы с потерями на воздушных линиях . . . . .	151
<b>Шаймарданов Р.А.</b> Методы снижения потерь трансформатора	152
<b>Якупов А.М., Бекузин В.И., Дуракова В.С.</b> Расчет удельных потерь в электротехнических сталях магнитоэлектрического генератора . . . . .	153

### **СЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, СВЕТОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ**

<b>Аверин А.В.</b> Диагностика полимерного изолятора при развитии загрязнения . . . . .	154
<b>Айхайти Исыхакэфу</b> Устройство и методика оперативного контроля цветовой температуры ламп . . . . .	154
<b>Айхайти Исыхакэфу, Вафина С.А.</b> Анализ погрешности методик определения рейтинга светодиодных светильников и ламп . . .	155



<b>Алейников А.В.</b> Математическая модель расчета радиальных электромагнитных сил, действующих на зубец синхронного двигателя с постоянными магнитами . . . . .	156
<b>Алехин Г.Е.</b> Диагностика высоковольтного изолятора в условиях загрязнения . . . . .	157
<b>Альмиева Д.С.</b> Влияние несимметрии на характеристики асинхронного электродвигателя . . . . .	158
<b>Аникин В.В.</b> Техничко-экономическое обоснование внедрения частотно-регулируемого электропривода на ОАО «Казанский жировой комбинат» . . . . .	159
<b>Ахметгалиев Л.Ф., Гибадуллин А.Р.</b> Применение LabView для отладки встраиваемых систем . . . . .	160
<b>Ахтямов И.М.</b> Разработка алгоритмов контроля и управления трансформаторными подстанциями . . . . .	161
<b>Альмеева А.А, Денисов Д.В.</b> Исследование влияния внешнего электромагнитного поля на кабельные линии . . . . .	161
<b>Аль-Музайкер М.А, Ибрагим А.Х.</b> Молния и молниезащита . . . . .	162
<b>Бедретдинов Р.Ш., Асташев Д.С.</b> Исследование энергоэффективных режимов работы и электромагнитной совместимости цифровой трансформаторной подстанции . . . . .	163
<b>Беневоленская Н.Н.</b> Применение метода кондуктометрии для исследования проводящих свойств микроэмульсий при наличии многослойных углеродных нанотрубок . . . . .	164
<b>Берёзов Н.А., Макаров А.В.</b> Синхронный электродвигатель . . . . .	165
<b>Богданов А.И.</b> Автоматическая система учета выработки сварщика . . . . .	166
<b>Бортник Д.В.</b> Методы управления параллельными активными фильтрами гармоник . . . . .	167
<b>Боровская А.О.</b> Экспериментальное исследование самодиффузии молекул додецилсульфатов натрия и лития при наличии углеродных нанотрубок методом ядерного магнитного резонанса . . . . .	168
<b>Валеев Б.Н.</b> Пути повышения коэффициента полезного действия ДС-АС-преобразователей . . . . .	169
<b>Валиева Д.З., Сулейманова Л.Р.</b> Система однопроводной резонансной передачи электрической энергии . . . . .	170
<b>Ведерникова Е.А.</b> Разработка проекта гидро- и воздухоаккумулирующей установки . . . . .	171
<b>Волкова Е.А.</b> Эффективность применения тарифной системы для потребителей с различным профилем нагрузки . . . . .	172
<b>Волкова Р.В.</b> Реализация счетчика электрической энергии на основе ИС AD7755 . . . . .	173
<b>Галиуллин Д.Р., Фаттахов И.И.</b> Автоматическая система отопления (АСО) автобусов, троллейбусов и трамваев . . . . .	174

<b>Ганин П.В.</b> Повсеместное энергосбережение в сфере ЖКХ . . .	175
<b>Гарипов Р.Р.</b> К выбору формы представления информации при сравнительном анализе гостов по оценке качества электричества	176
<b>Гариханова Д.Д.</b> К вопросу о применении светодиодного освещения . . . . .	177
<b>Гиматов И.И.</b> Следящий позиционный электропривод малой параметрической чувствительности . . . . .	178
<b>Григорьев А.В.</b> Определение поврежденной воздушной линии с однофазным замыканием на землю в сети с изолированной нейтралью . . . . .	179
<b>Гуцало Е.А.</b> Исследование эксплуатационных характеристик оборудования систем промышленного электроснабжения . . . . .	180
<b>Давлетгареева Г.Р.</b> Эффективность энергосберегающих мероприятий в системах электроснабжения промышленных предприятий . . . . .	181
<b>Демиденко О.В.</b> Численное и экспериментальное исследование однозубцового магнитожидкостного герметизатора вращающегося вала электропривода . . . . .	182
<b>Егиазарян А.С.</b> Эффективное электроснабжение индукционных установок . . . . .	183
<b>Егоров М.С.</b> Методика обоснования выбора системы освещения с применением датчиков на стадии проектирования . . . . .	184
<b>Егорченков А.А.</b> Перенапряжение в сети генераторного напряжения Жигулевской гидроэлектростанции . . . . .	185
<b>Идрисова А.Р., Филиппов Р.В.</b> Анализ неразрушающих методов диагностики изоляции кабелей из СПЭ . . . . .	185
<b>Иевлев С.О.</b> Организация учета энергоресурсов, производимых и потребляемых ООО «Тольяттикаучук» . . . . .	187
<b>Ишбулатова Г.Ф.</b> Влияние структурных и режимно-атмосферных факторов на потери электроэнергии в распределительных сетях . . . . .	187
<b>Ибрагим А.Х.</b> Расчет изоляционных конструкций и диагностика силовых выключателей . . . . .	188
<b>Иштырякова Ю.С.</b> Изучение правомерности балльной системы, применяемой для определения рейтинга светодиодных ламп .	189
<b>Кадыйров Р.Ф.</b> Реализация электронного счетчика электроэнергии на микроконтроллере серии MSP430 . . . . .	190
<b>Казанов М.С.</b> Методы оптимизации параметров распределенной генерации и ресурсов в системах электроснабжения объектов . . .	191
<b>Карачёв В.Д.</b> Многофазный синхронный электропривод с улучшенными виброшумовыми характеристиками . . . . .	192
<b>Касимова Д.А.</b> Системы получения электрической энергии из солнечной посредством двигателей Стирлинга . . . . .	193

<b>Князев А.С.</b> Обеспечение надежности электроснабжения теплогенерирующих предприятий Москвы . . . . .	194
<b>Крылов К.А.</b> Исследование влияние электроприемников с нелинейной вольт-амперной характеристикой на систему электроснабжения предприятия . . . . .	195
<b>Крюков Н.М.</b> Вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности предприятия . . . . .	196
<b>Кузьмичёв А.Э.</b> Частотный преобразователь как способ экономии . . . . .	197
<b>Левтеров А.С.</b> Реконструкция системы электроснабжения и повышение энергоэффективности ООО «Балтекс» . . . . .	198
<b>Маданов Д.А.</b> Лабораторный стенд для изучения вольтамперных характеристик . . . . .	199
<b>Матвеев А.С., Закиров А.Р.</b> Модернизация и техническое перевооружение подвижного состава городского электротранспорта для нужд коммунального хозяйства города . . . . .	200
<b>Махмудов И.Т.</b> Способы экономии электроэнергии в быту . . . . .	201
<b>Мевлиянов М.Д.</b> Использование биогаза в когенерационных процессах двигателя Стирлинга . . . . .	202
<b>Мирзаянов Р.Р.</b> Автоматизированный расчет высокомоментных двигателей с постоянными магнитами . . . . .	203
<b>Митряев Я.В.</b> Параметрически инвариантный электропривод с вентильным двигателем . . . . .	204
<b>Морозов А.В.</b> Обзор режимов управления матричным преобразователем частоты . . . . .	205
<b>Мугинов И.Р., Гатиятуллина А.Р., Ахметов Р.Р., Фахразиев М.Ф.</b> Создание высокоэффективных источников вторичного электропитания . . . . .	206
<b>Муллагалин М.Р.</b> Геотермальная электростанция как экологически и экономически выгодный источник производства электроэнергии . . . . .	207
<b>Муллаянов А.Р.</b> Особенности конструкций гидроударной установки для получения электрической энергии . . . . .	208
<b>Муртазин Р.Р.</b> Выравнивание баланса электроэнергии путем внедрения мини-гидроэлектростанции . . . . .	209
<b>Мухаметзянова А.Ф.</b> Замена незагруженных электродвигателей . . . . .	210
<b>Мухаметзянова Ф.М.</b> Этапы реализации энергосберегающих программ . . . . .	211
<b>Мухаметшин А.И., Галимханов З.Т.</b> Диммирование светодиодных ламп . . . . .	211
<b>Мухутдинов Р.М.</b> Конструкция вертикально-осевой ветроэнергетической установки . . . . .	212
<b>Минибаев М.А.</b> Импульсные источники питания на ШИМ-контроллерах . . . . .	213

<b>Николаев А.М.</b> Энергоэффективные дома России . . . . .	214
<b>Новицкий И.Д.</b> Проведение энергоаудита промышленного предприятия как первичное мероприятие по энергосбережению . . . .	215
<b>Ногманов Р.В., Романов А.Н.</b> Анализ необходимости средств автоматического проектирования низковольтных комплектных устройств . . . . .	216
<b>Палаткин И.Ю.</b> Разработка устройства сопряжения электронного блока управления двигателя внутреннего сгорания с персональным компьютером для создания эмулятора ДВС . . . . .	217
<b>Петров К.С., Андреев А.И., Рахимов Р.Р.</b> Устройство для исследования режимов работы модулей последовательного интерфейса микроконтроллера 68HCS12 . . . . .	218
<b>Потанин В.А.</b> Автоматизация технологических процессов и снижение затрат электроэнергии средствами ПЛК . . . . .	219
<b>Решетников А.П.</b> Исследование электромагнитных процессов в линейном генераторе возвратно-поступательного действия . . .	220
<b>Савельев А.А.</b> Трехфазное коммутационное симметрирующее устройство . . . . .	221
<b>Садовская К.О.</b> Внедрение единых рекомендаций по построению энергоэффективных центров обработки данных . . . . .	222
<b>Садыков И.Р.</b> Моделирование электротехнических устройств в системе Matlab (Simulink) . . . . .	223
<b>Сайфутдинов Р.Ф.</b> Моделирование однофазных замыканий на землю в цепях ГПП-3 . . . . .	224
<b>Саубанов Р.И.</b> Автоматический адаптер порядка чередования фаз в электрических сетях строительных площадок временного использования . . . . .	225
<b>Сафина Л.Р.</b> Санация жилищного фонда как один из вариантов решения проблемы энергоэффективности . . . . .	225
<b>Сахапов А.А., Ядутов В.В.</b> Неразрушающие методы контроля состояния трансформатора и вероятность его отказа . . . . .	226
<b>Семенова О.Д.</b> Исследование возможности использования солнечных батарей в ЖКХ . . . . .	227
<b>Семенычева А.А.</b> Анализ эффективности внедрения автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии для населения и приравненных к нему категорий потребителей . . . . .	228
<b>Сенчук Д.А.</b> Управление потреблением в целях снижения максимума графиков нагрузки . . . . .	229
<b>Синицин А.М., Уланов А.В.</b> Стенд экспресс-контроля термоэлектрической добротности полупроводников для термоэлектрических генераторов . . . . .	230
<b>Сираев Л.И.</b> Модернизация многоквартирных домов с целью энергосбережения и энергоэффективности . . . . .	231

<b>Старков А.С.</b> Защита ветроэнергетической установки от ураганных ветров . . . . .	232
<b>Степанова Ю.Э.</b> Создание стенда для исследования работы систем кондиционирования с включением оборудования различной энергетической эффективности . . . . .	233
<b>Сулейманова Л.Р., Валиева Д.З.</b> Проект бестопливной миниэлектростанции . . . . .	234
<b>Сульденкова О.А.</b> Использование суперконденсаторов для повышения надежности электроснабжения промышленных предприятий . . . . .	235
<b>Татарников А.Н., Гладков А.А.</b> Аппроксимация элементов с распределенными параметрами типовыми динамическими звеньями . . . . .	236
<b>Тиркия А.А., Хуснутдинов Р.А.</b> Разработка детектора опасных веществ на основе ядерного квадрупольного резонанса . . . . .	237
<b>Тукаева Е.П.</b> Автоматизация процесса сушки фанеры . . . . .	238
<b>Усачева А.В.</b> Средства и методы снижения электроэнергии в системах электроснабжения . . . . .	238
<b>Фазылов И.З.</b> Проведение исследования оборудования методом акустической эмиссии . . . . .	239
<b>Хабибуллин А.Т.</b> Гармонические искажения электрической сети при работе преобразователей частоты . . . . .	240
<b>Хаертдинова А.А., Хрисанов А.А., Залялов Р.Р.</b> Определение и прогнозирование технического состояния сложных технических систем . . . . .	241
<b>Хайдаров А.А.</b> Повышение эксплуатационной надежности тягового электродвигателя метрополитена . . . . .	242
<b>Хасанов Д.О.</b> Твердотельный источник света . . . . .	243
<b>Хуснутдинов А.Н., Галиуллин Д.Р., Фаттахов И.И.</b> Исследование работы генераторов тепловозов . . . . .	244
<b>Чечков А.В.</b> Светотехника в системе промышленного и городского освещения . . . . .	245
<b>Шадриков Т.Е.</b> Методика выбора рабочего напряжения высоковольтных кабельных электропередач повышенной частоты . . . . .	246
<b>Шайхутдинов К.И.</b> Отображение информации на матричном индикаторе с использованием программного пакета LabView . . . . .	247
<b>Шакирова А.Н.</b> Анализ методов расчета потерь электроэнергии в системах электроснабжения промышленных предприятий . . . . .	247
<b>Шарипова Э.А.</b> Экспериментальное изучение значений коэффициентов самодиффузии молекул децилсульфата натрия и молекул воды . . . . .	248
<b>Ямбаева Т.Г., Фатыхов Р.Р.</b> Особенности использования инфракрасного датчика расстояния . . . . .	249

**СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ,  
ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ,  
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

<b>Абдуллин Р.Р.</b> Культивирование дождевых червей <i>Eisenia Foetida</i> для улучшения качества почв . . . . .	250
<b>Галимова Р.Ш.</b> Особенности химического состава питательного раствора при культивировании <i>Chlorella Vulgaris</i> . . . . .	251
<b>Желонкин А.А.</b> Использование $Na_3PO_4$ после термообезвреживания в стекольной промышленности . . . . .	252
<b>Хамитова М.Ф., Рябинский Н.А.</b> Виды-акклиматизанты в районе сброса сточных вод ОАО «МЦБК» . . . . .	253
<b>Павлова М.Г.</b> Альтернативный подход к системе биологической очистки сточных вод . . . . .	254
<b>Гасанова Д.И.</b> Перспективы размещения рекреационных зон на рыбноводных хозяйствах . . . . .	255
<b>Ефимов А.Е.</b> Биоценоз биофильтров, применяемых в УЗВ . . . . .	256
<b>Карусева А.Ю.</b> Изучение питания молоди рыб Волжского отрога Куйбышевского водохранилища . . . . .	257
<b>Сорокина А.А.</b> Культивирование <i>Daphnia Magna</i> на бактериальной среде . . . . .	258
<b>Шаджанова С.М.</b> Моллюск литоглиф ( <i>Lithoglyphus Naticoides</i> (C. Pfeiffer, 1828) в составе бентоса . . . . .	259
<b>Дильмухаметова И.Р.</b> Выращивание буффало на водоемоохладителе Заинской ГРЭС . . . . .	260
<b>Кузьмин Н.Ю.</b> Изменения антиоксидантной активности гидробионтов при переработке и хранении . . . . .	261
<b>Хамитова М.Ф., Ахмерова Л.Р.</b> Виды-доминанты в составе макрозообентоса вторичного отстойника ОАО «МЦБК» . . . . .	262
<b>Ислямова А.А., Хамитова М.Ф.</b> Оценка качества вод в районе сброса сточных вод ОАО «МЦБК» . . . . .	263
<b>Овчинникова К.И.</b> Индикация вод озера Средний Кабан методами биотестирования с использованием зеленой водоросли <i>Chlorella Vulgaris</i> . . . . .	264
<b>Садыкова Л.Н.</b> Роль бактериопланктона в мезотрофном водоеме . . . . .	265
<b>Ахметова Д.Р.</b> Биотестирование вод озера Средний Кабан с использованием ракообразных <i>Daphnia Magna Straus</i> . . . . .	266
<b>Хамитова М.Ф., Исмагилов Ф.А.</b> Пиявки в условиях антропогенного воздействия сточных вод ОАО «КОМЗ» . . . . .	267
<b>Аржанкина Е.С.</b> Перспективный метод утилизации зерновых отходов агропромышленного комплекса . . . . .	268

<b>Ащаулова В.С.</b> Энергетики и окружающая среда обитания человека . . . . .	269
<b>Будаева А.Ю.</b> Методы утилизации регенерационных вод установок химического обессоливания добавочной воды на ТЭС . . . . .	270
<b>Бикзинурова А.Р.</b> Решение проблемы очистки сточных вод филиала ОАО «Водоканалсервис» – «Зеленодольск-водоканал» . . . . .	271
<b>Зайнашева З.Р.</b> Исследование перспективности использования свекловичного жома в качестве единственного субстрата для биоэнергетической установки . . . . .	272
<b>Иванова А.О.</b> Технология очистки сточных вод жирового комбината . . . . .	273
<b>Кашапова Д.И.</b> Модернизация технологии очистки производственных сточных вод от нефтепродуктов на объектах энергетики . . . . .	274
<b>Крупина А.Н.</b> Автотранспорт – экологический фактор биосферы . . . . .	275
<b>Кулагин Д.А.</b> Экологические аспекты минимизации энергетических затрат в процессе водоподготовки . . . . .	276
<b>Мелентьева А.А.</b> Снижение содержания ионов тяжелых металлов в гальванических сточных водах . . . . .	277
<b>Петров Т.И., Ядутов В.В.</b> Первоначальная оценка уровня электромагнитных полей элементов электрической системы с помощью специально созданной для этого программы . . . . .	277
<b>Сабилов Р.А., Тихонов А.А., Бикчантаева С.И., Мирзошарифзода Н.Д.</b> Исследование коэффициента пульсации мобильных телефонов и планшетов . . . . .	278
<b>Сабилов Р.А., Тихонов А.А., Бикчантаева С.И., Мирзошарифзода Н.Д.</b> Анализ уровня мерцания экранов мониторов, ноутбуков, телевизоров . . . . .	279
<b>Сафиуллин Х.А.</b> Пути решения экологической проблемы города Арска и реки Казанки . . . . .	280
<b>Ситдикова Л.Р.</b> Минимизация объемов не утилизируемых отходов, за счет селективного сбора . . . . .	281
<b>Ситдикова Р.Р.</b> Применение мембранных технологий в системе водоподготовки . . . . .	282
<b>Хамидуллина М.С.</b> Временные тренды изменения радиационного теплообмена атмосферы постядерных конфликтов . . . . .	282
<b>Юдина О.И., Чеснокова Т.Ю.</b> Исследование проблемы кислотных осадков в Ивановской области . . . . .	283
<b>Шарифуллина А.А., Шарифуллина А.А.</b> Влияние содержания фосфатов в сточной воде на природные водоемы . . . . .	284
<b>Щербакова К.Е.</b> Перспективы применения оборотной системы водоснабжения на предприятии . . . . .	285
<b>Ямалиев Ф.Ф.</b> Повышение эффективности очистки сточных вод . . . . .	286

*Научное издание*

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ  
X МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ  
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

25–27 марта 2015 г.

Казань

В трех томах

*Под общей редакцией  
ректора КГЭУ  
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 1

Редактор-корректор *Г.Р. Хамзина*  
Компьютерная верстка *К.В. Аршинова*

Подписано в печать 18.03.15.

Формат 60 × 84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 17,67. Уч.-изд. л. 19,61. Тираж 500 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51