

**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
VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

27–29 марта 2013 г.

Казань

В четырех томах

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

Том 1

Казань 2013

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензенты:

проректор по НиИД КНИТУ-КАИ,
доктор технических наук, профессор *С.А. Михайлов*;
проректор по НР КГЭУ,
доктор технических наук, профессор *В.М. Гуреев*

М34 **Материалы докладов VIII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» /** Под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 4 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2013. – 292 с.

ISBN 978-5-89873-379-7

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); д-р техн. наук, проф. В.М. ГУРЕЕВ (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук, проф. Н.Д. ЧИЧИРОВА; д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. КОЗЛОВ; 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 978-5-89873-379-7

© Казанский государственный
энергетический ун-т, 2013

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 621

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МАЛЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.М. ГУРЕЕВ, д-р техн. наук, профессор, КГЭУ, г. Казань
А.М. ЕРМАКОВ, аспирант, КНИТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Введение

Основные проблемы системы энергоснабжения Республики Татарстан:

- Республика Татарстан имеет избыточные энергетические мощности;
- оборудование энергосистемы стремительно стареет, и к 2010 г. износ основного оборудования достигнет 97 %;
- электрогенерирующее оборудование на 90 % работает на газовом топливе;
- Республика Татарстан получает газ из Тюменской области и Оренбурга, обеспечивая 95 % потребности ОАО «Татэнерго»;
- эффективность выработки электроэнергии падает в связи со старением оборудования и его нерациональной загрузкой (к.п.д. электрогенерации на основных станциях ~ 30 %);
- ОАО «Газпром» начал сокращать лимиты на газ для Республики Татарстан;

Решением проблемы может быть:

- переход энергосистемы на альтернативные виды топлива (попутные нефтяные газы, биогазы, нефть, мазут, битум, каменный уголь, отходы деревообрабатывающей и нефтеперерабатывающей промышленности и т.д.);
- более эффективное использование газового топлива в энергогенерирующем оборудовании.

Для ОАО «Татэнерго» наиболее рациональным может быть внедрение энергогенерирующих установок с более высокой эффективностью сжигания газа. Мировая практика показывает, что это более широкое применение парогазовых (ПГУ), газотурбинных (ГТУ) и газопоршневых (ГПА) технологий генерации энергии, а также переход на когенерационный метод выработки энергии (одновременная выработка тепловой и элек-

трической энергии). Коэффициент использования топлива (КИТ) в режиме когенерации на существующих станциях достигает 85 %.

Основной проблемой, сдерживающей более широкое применение когенерационных схем на крупных электрических станциях (Заинская ГРЭС), является отсутствие рядом крупных потребителей тепловой энергии.

Решением данной проблемы могло бы быть более широкое внедрение установок распределенной генерации энергии (малые ГТУ, ГПА, ТНУ и т.д.) с ориентацией на тепловое потребление заказчиков и сбросом избытков электрической энергии в районные электросети. Такие установки могли бы быть использованы на отдельных объектах (промышленных, сельскохозяйственных, оборонных, социальных и т.д.) и жилых поселках, городах, районах городов.

При внедрении малых газовых эффективных электротеплоэнергетических систем возможны 2 подхода:

- с точки зрения потребителя;
- с точки зрения энергоснабжающей системы;

С точки зрения потребителя, основным фактором, стимулирующим развитие и внедрение малых газовых эффективных электротеплоэнергетических систем, является снижение затрат на энергоснабжение объекта.

С точки зрения энергогенерирующей организации, основным фактором, стимулирующим развитие и внедрение малых газовых эффективных электротеплоэнергетических систем, является снижение затрат на энергоснабжение потребителей, повышение эффективности генерации тепловой и электрической энергии, повышение надежности энергоснабжения потребителей.

Исходя из вышперечисленного, возможны следующие схемы взаимодействия потребителя и малых газовых эффективных электротеплоэнергетических систем:

- 1) резервная локальная изолированная энергогенерирующая система (владелец – потребитель);
- 2) локальная изолированная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система (владелец – потребитель);
- 3) локальная изолированная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система (владелец – энергоснабжающая организация);
- 4) локальная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система с резервным вводом от районных сетей (владелец – потребитель);

5) локальная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система с резервным вводом от районных сетей (владелец – энергоснабжающая организация);

б) газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система с ориентацией на теплоснабжение потребителя и сбросом электроэнергии в районную сеть (владелец – энергоснабжающая организация);

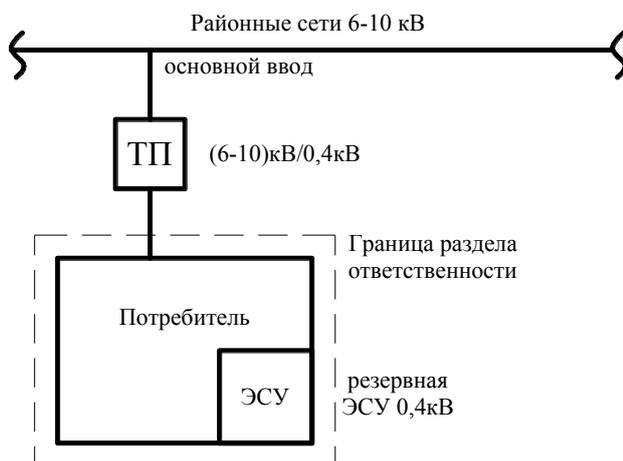


Рис. 1. Резервная локальная изолированная энергогенерирующая система (владелец – потребитель)

В качестве резервной электросиловой установки используется дизель-электрическая станция на базе дизельного мотора КамАЗ, которая включается в работу автоматически в случае перерыва питания объекта от районных электрических сетей. Владельцем установки является потребитель, который организует её эксплуатацию и техническое обслуживание.



Рис. 2. Локальная изолированная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система (владелец – потребитель)

В качестве энергогенерирующей установки используется мини-ТЭЦ на базе газопоршневого двигателя КамАЗ, снабжающая потребителя тепловой и электрической энергией. Резервирование энергоснабжения воз-

можно использованием нескольких агрегатов в составе мини-ТЭЦ, что требует дополнительно синхронизации работы агрегатов. Владельцем станции является потребитель, который организует эксплуатацию и техническое обслуживание.



Рис. 3. Локальная изолированная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система (владелец – энергоснабжающая организация)

В качестве энергогенерирующей установки используется мини-ТЭЦ на базе газопоршневого двигателя КамАЗ, снабжающая потребителя тепловой и электрической энергией. Резервирование энергоснабжения возможно использованием нескольких агрегатов в составе мини-ТЭЦ, что требует дополнительно синхронизации работы агрегатов. Владельцем станции является энергоснабжающая организация, которая организует её эксплуатацию и техническое обслуживание.

Локальная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система с резервным вводом от районных сетей (владелец – потребитель)

В качестве энергогенерирующей установки используется мини-ТЭЦ на базе газопоршневого двигателя КамАЗ, снабжающая потребителя тепловой и электрической энергией. Резервирование энергоснабжения возможно использованием нескольких агрегатов в составе мини-ТЭЦ, что требует дополнительно синхронизации работы агрегатов. Владельцем станции является потребитель, который организует её эксплуатацию и техническое обслуживание сам, либо приглашает для этого специализированные сервисные организации. В системе предусмотрено резервирование электротеплоснабжения от районных тепловых и электрических сетей, на которое потребитель переходит в случае выхода из строя его энергогенерирующей установки автоматически. Предусматриваются дополнительные

платежи владельца за подключение к районным сетям и горячий резерв энергоснабжающей организации.

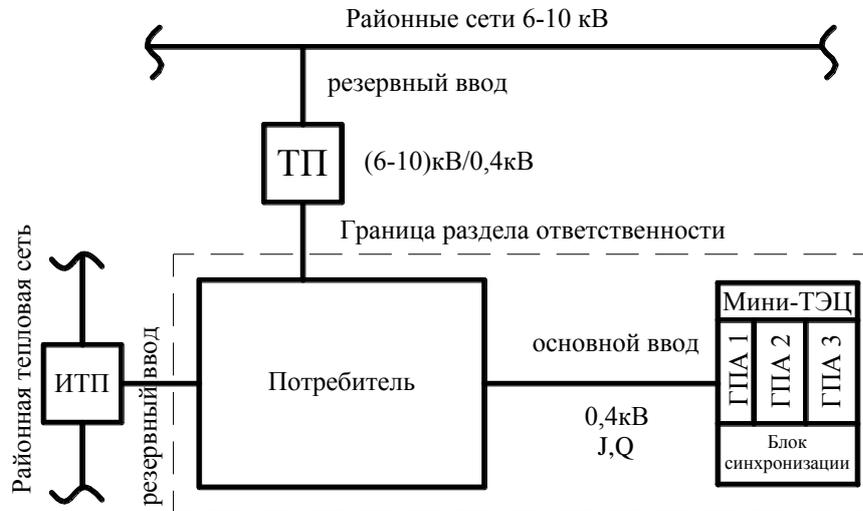


Рис. 4

Локальная газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система с резервным вводом от районных сетей (владелец – энергоснабжающая организация):

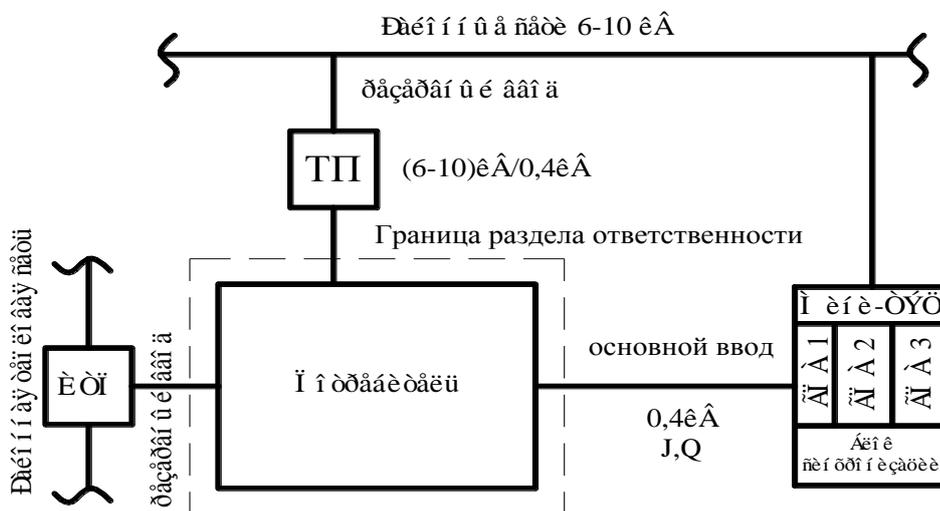


Рис. 5

В качестве энергогенерирующей установки используется мини-ТЭЦ на базе газопоршневого двигателя КамАЗ, снабжающая потребителя тепловой и электрической энергией. Резервирование энергоснабжения возможно использованием нескольких агрегатов в составе мини-ТЭЦ, что

требует дополнительно синхронизации работы агрегатов. Владелец станции является энергоснабжающая организация, которая обеспечивает её эксплуатацию и техническое обслуживание. В системе предусмотрено резервирование электротеплоснабжения от районных тепловых и электрических сетей, на которые энергоснабжающая организация переходит в случае выхода из строя энергогенерирующей установки автоматически. Целью установки системы локального энергоснабжения является повышение эффективности системы электротеплоснабжения и надежности энергоснабжения объекта.

Газовая энергоэффективная электротеплогенерирующая система с ориентацией на теплоснабжение потребителя и сбросом электроэнергии в районную сеть (владелец – энергоснабжающая организация):

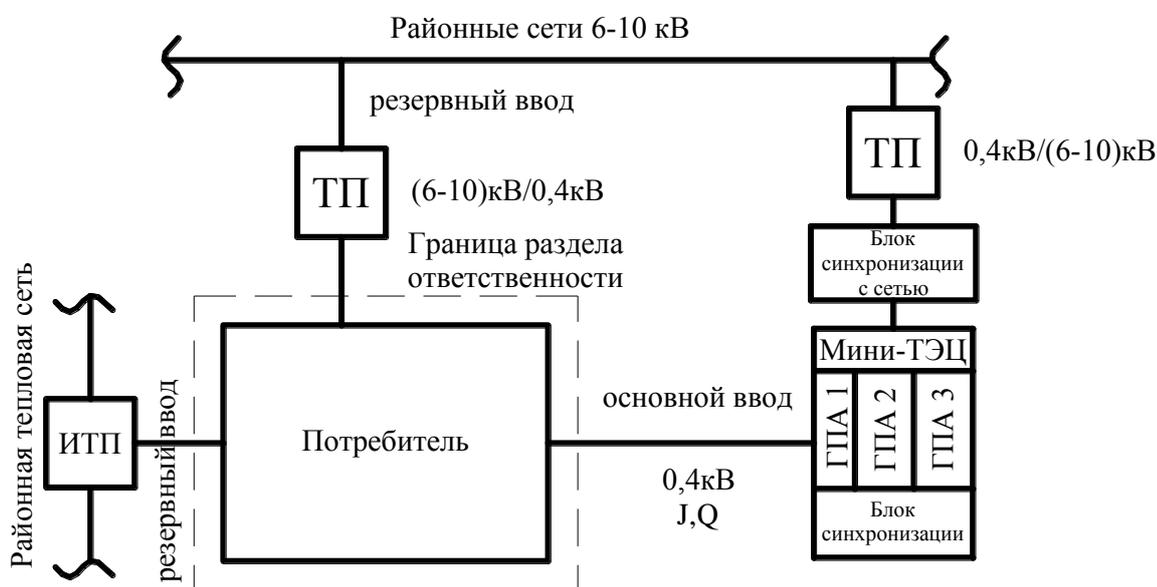


Рис. 6

В качестве энергогенерирующей установки используется мини-ТЭЦ на базе газопоршневого двигателя КамАЗ, снабжающая потребителя тепловой энергией и работающая в режиме параллельной генерации с районной электрической сетью. В системе предусмотрено резервирование электротеплоснабжения от районных тепловых и электрических сетей, на которые энергоснабжающая организация переходит в случае выхода из строя энергогенерирующей установки автоматически. Целью установки системы локального энергоснабжения является повышение эффективности выработки электрической энергии и увеличение надежности энергоснабжения объекта. Для обеспечения режима параллельной работы энергоустановки с районными электрическими сетями устанавливается дополнительно блок

синхронизации работы установки с сетью и повышающий электротрансформатор. Владельцем станции является энергоснабжающая организация, которая обеспечивает её эксплуатацию и техническое обслуживание.

СТРУКТУРА МАЛОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ



Рис. 7

Любая энергоснабжающая организация, взаимодействующая с потребителями, выполняет целый ряд функций:

- генерация энергии;
- доставка энергии к потребителям;
- управление распределением энергии;
- эксплуатация и ремонт энергоустановок и иного оборудования;
- взаимодействие с потребителем и иными участниками процесса энергоснабжения.

С целью реализации этих функций создается ряд организаций или подразделений:

- административно-управляющий орган;
- сервисная служба;
- диспетчерская служба;

- сети;
- генерирующие установки.

При этом структура большой и малой энергетической системы отличается только количеством участников и объемом выполняемых действий.

Схема малой локальной энергетической системы представлена на рис. 7 показывает структурное взаимодействие этих организаций или подразделений системы энергоснабжения между собой и с потребителем в упрощенной форме.

Значительно усложняется структура малой локальной энергетической системы в случае работы её установок в режиме параллельной генерации с районными сетями, т.к. для передачи энергии потребителям малая система либо сама должна располагать средствами доставки энергии к потребителям и взаимодействия с ними, либо пользоваться сетями и другими службами большой энергетической системы на основе договорных отношений. Законодательные основы такого взаимодействия заложены в законе «Об энергетике».

Организационная структура малой локальной системы энергоснабжения на базе мини-ТЭЦ

Любая организация, решившая стать энергоснабжающей, будет вынуждена создать структуру энергоснабжения потребителей, аналогичную представленной на рис. 7 и установить определенные отношения с энергосистемой. На данном рисунке изображен вариант системы, когда энергоснабжающей организацией становится завод-производитель энергоустановок. Организуется внутри предприятия структура, которая выполняет все функции системы энергоснабжения. Создаются:

- управляющий орган (администрация);
- проектная и строительно-монтажная служба;
- энергосервисная служба;
- абонентский отдел (работа с потребителями);
- служба управления энергорайоном.

В случае когда предприятие становится энергоснабжающей организацией на него распространяется другой закон налогообложения (повышенное).

На представленной ранее схеме рассмотрен частный случай взаимодействия завода-изготовителя энергоустановок с потребителями и энерго-

системой. Все возможные случаи их взаимодействия представлены на рис. 8.

Схемы взаимодействия субъектов малой энергетической системы



Рис. 8

Для завода-производителя энергетических установок возможны следующие случаи взаимодействия с потребителем:

1) **продажа установок потребителю.** Реализует энергетические установки потребителям и поддерживает гарантийные обязательства по своему оборудованию. Все проблемы связанные с эксплуатацией и обслуживанием энергоустановок ложатся на потребителя;

2) **продажа установок потребителю + сервисное обслуживание.** Реализует энергетические установки потребителю, поддерживает гарантийные обязательства по своему оборудованию и обеспечивает сервисное обслуживание энергоустановок по дополнительному соглашению с потребителем. Эксплуатация установок остается за потребителем;

3) **продажа установок энергогенерирующей организации.** Реализует энергетические установки энергогенерирующей организации, поддерживает гарантийные обязательства по своему оборудованию. Остальные вопросы решает энергогенерирующая организация;

4) **продажа энергии потребителю.** Производит энергию на собственных энергетических установках, полностью обслуживает их. Потребителю продает энергию.

С экономической точки зрения, более выгодным является реализация конечного продукта работы энергетической системы (электрической и тепловой энергии). Переход к данной схеме работы для завода-изготовителя энергоустановок связан с освоением новых видов деятельности по проектированию энергетических систем, их эксплуатации, передачи энергии потребителю, управлению работой системы и реализации энергии потребителям. Для выполнения данных функций предприятие может создать специализированную дочернюю фирму «КамАЗ-Энерго» и возложить на неё вышеперечисленные функции или на первом этапе воспользоваться услугами специализированных энергосервисных фирм.

В Республике Татарстан, несмотря на все проблемы, накопившиеся в энергетической системе, создана система энергоснабжения потребителя, которая практически полностью закрывает их потребности в электроэнергии и комбинацией различных методов – в теплоснабжении. Речь не идет о снабжении объектов на которых отсутствует электро- и теплоснабжение, а решается задача перехода на более энерго- и экономически эффективные способы энергоснабжения. Поэтому в качестве критериев характеризующих целесообразность применения малых энергетических систем выступают:

- более эффективное использование тепловой энергии газа по сравнению с традиционными методами энергоснабжения;
- снижение суммарных затрат на энергоснабжение потребителей;
- невозможность технической реализации энергоснабжения традиционными методами.

Заключение

Применение малых газовых энергоэффективных электротеплогенерирующих систем позволяет:

- поднять эффективность прямой выработки электрической энергии с 30 % на ТЭС до 40-42 % на мини-ТЭС на базе газопоршневых двигателей;
- снизить стоимость электроэнергии с 85 коп. за 1 кВт·ч до 30-50 коп. за 1 кВт·ч; – уменьшить срок окупаемости энергетических установок с 7-12 лет до 1,5-2 лет;
- поднять коэффициент использования топлива в режиме когенерации с 80-85 % на ТЭС до 85-90 % на мини-ТЭС на базе ГПА;

– увеличить инвестиционную привлекательность инвестиций в энергетику.

УДК 621

ДИАГНОСТИКА МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

М.Ш. ГАРИФУЛЛИН, канд. техн. наук, доцент, КГЭУ, г. Казань

Особенностью маслонаполненного электрооборудования является использование в качестве изоляционной и охлаждающей среды изоляционного масла. К такому оборудованию относятся силовые трансформаторы, реакторы, выключатели, конденсаторы и пр., однако именно силовые трансформаторы можно назвать наиболее важным и распространенным видом данного класса оборудования. Во многом благодаря этому под изоляционными маслами обычно подразумевают трансформаторные масла.

Предел эксплуатации трансформаторов обычно ограничен состоянием бумажной и картонной изоляции, при этом наибольшее влияние на бумагу оказывают продукты деградации масла. По этой причине вопросам контроля физико-химического состава масла должно уделяться повышенное внимание. На практике для определения качества масел используется перечень косвенных признаков – показателей качества, определение которых основано на электрических, химических и физических экспериментах. Разнообразие методов приводит к тому, что на энергетическом предприятии возникает необходимость в создании исследовательской лаборатории, и получению показателей качества масла предшествует достаточно длительная и трудоемкая процедура, состоящая из этапов получения образца, доставки его в лабораторию и физико-химического исследования по сокращенной или (в случае необходимости) расширенной программе.

Совершенно очевидно, что все электрические и физические характеристики масел зависят только от их химического состава. Таким образом, вместо измерения комплекса параметров можно исследовать физико-химический состав изоляционного масла и на его основе делать заключение о качестве масла, и только в случае необходимости определять необходимые электрофизические характеристики масла.

При исследовании химического состава, а также физико-химических процессов в продуктах нефтяного происхождения ведущую роль имеют

различные спектральные методы, в том числе и методы оптической спектроскопии.

Исследуя изоляционных масел в оптическом диапазоне, условно можно выделить три области: 1) 200 ÷ 400 нм; 2) 400 ÷ 1000 нм; 3) 2000 ÷ 6000 нм.

Первый диапазон, относящийся к ближней ультрафиолетовой области, удобно использовать для исследования изменений в ароматической фракции масел. Вторая область охватывает видимый диапазон и частично ближнюю ИК области спектра. Особенностью этого диапазона является наиболее простая аппаратная реализация, что позволяет проводить спектральные исследования в реальном времени на действующем оборудовании. Третья область, куда входит фундаментальная ИК и длинноволновая часть ближней ИК области спектра, позволяет выявлять тонкие изменения в углеводородной основе масел.

На рис. 1 представлены спектры пропускания T масел марки ВГ и ГК в диапазоне 200 ÷ 1000 нм при толщине кюветы 25 мм. Для демонстрации особенностей химического строения масел на рисунке также приведен спектр вазелинового масла (смесь предельных углеводородов с $C_{10} \div C_{15}$).

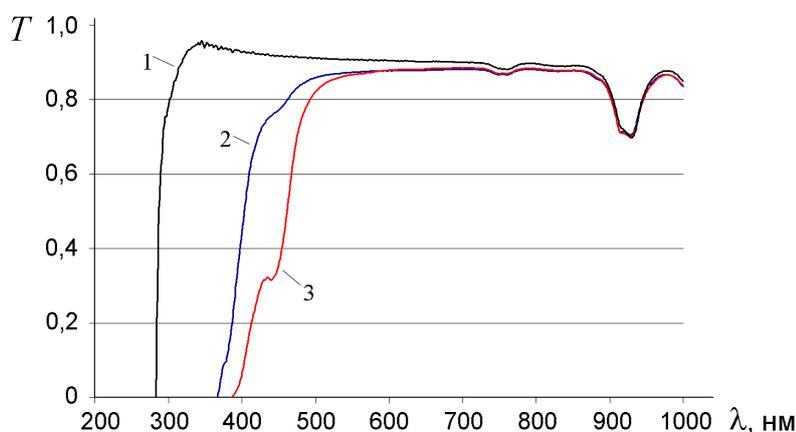


Рис. 1. Спектры пропускания (%) вазелинового масла (1), ВГ (2) и ГК (3).
Длина оптического пути 25 мм

В диапазоне 600-1100 нм кривые пропускания всех масел идентичны и различия обусловлены соотношением метильных (CH_3) и метиленовых (CH_2) групп в углеводородной основе масел. Основные отличия проявляются при длинах волн менее 500 нм, где расположены полосы поглощения асфальтеновых углеводородов. Вазелиновое масло, свободное от этих веществ сохраняет оптическую прозрачность вплоть до 300 нм, когда начинает проявляться поглощение следов ароматических молекул.

Рассматриваемая область спектра наиболее удобна для экспресс-анализа окисленности масел, происходящего при воздействии высоких

температур. В силу полярности, продукты окисления масел группируются, образуя коллоидные частицы с размером меньше длины волны. Интенсивность рассеяния излучения на этих частицах подчиняется закону Рэлея – пропорционально $1/\lambda^4$, что приводит к «заваливанию» спектров пропускания в коротковолновой области спектр – рис. 2,а).

Спектры пропускания T предварительно нормируют на длину волны 850 нм. При таком представлении спектральных данных окисленность масла имеет обратную зависимость от величины относительного коэффициента пропускания в районе 700 нм – $T_{\text{отн}_700}$. Характерно, что при разрядно-дуговых процессах в масле происходит практически равномерное уменьшение пропускания по всем длинам волн – рис. 2,б). Это позволяет разделять термоокислительную деструкцию и разрядно-дуговые дефекты [1].

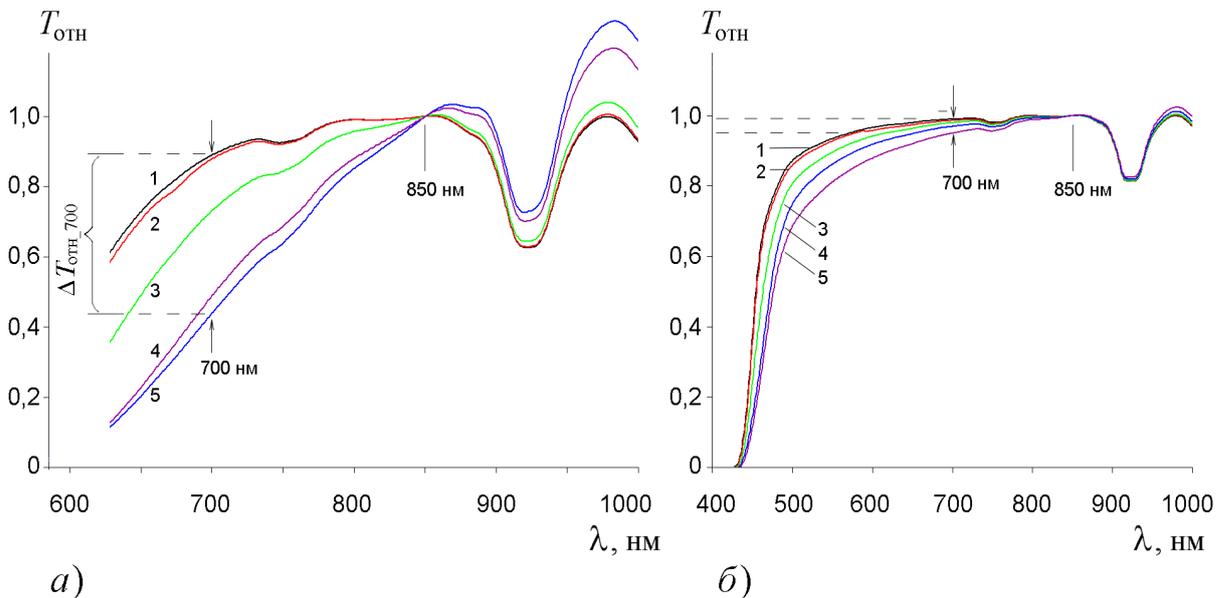


Рис. 2. Влияние термических а) и разрядных б) процессов на спектры пропускания изоляционных масел. Точка нормировки – 850 нм

Для повышения разрешенности спектральной картины в видимой и ближней ИК области используется процедура дифференцирования кривой поглощения. При этом удобнее перейти от коэффициента пропускания к величине оптической плотности – $D = \log(1/T)$. На рис. 3 представлены графики второй производной от кривых оптической плотности масел. Пики при около 913 и 932 нм относятся к 3-му обертону валентных колебаний метильных и метиленовых групп, соответственно. Различие в интенсивности этих пиков обусловлено нефтяным сырьем, используемым для производства изоляционного масла определенной марки – ВГ, ГК, ТКп и пр. По интенсивности и соотношению пиков D''_{913} и D''_{932} можно опреде-

лить, к какому типу относится исследуемое масло, либо смесь каких масел используется в оборудовании. Для определения в масле концентрации присадки ионол необходимо использовать пик в районе 958 нм [2].

Также ценными, с диагностической точки зрения, являются исследования спектров флуоресценции изоляционных масел, а также спектров возбуждения флуоресценции. При этом можно определять не только окисленность масел, но и количественные изменения в ароматической и асфальтеновой фракциях масел.

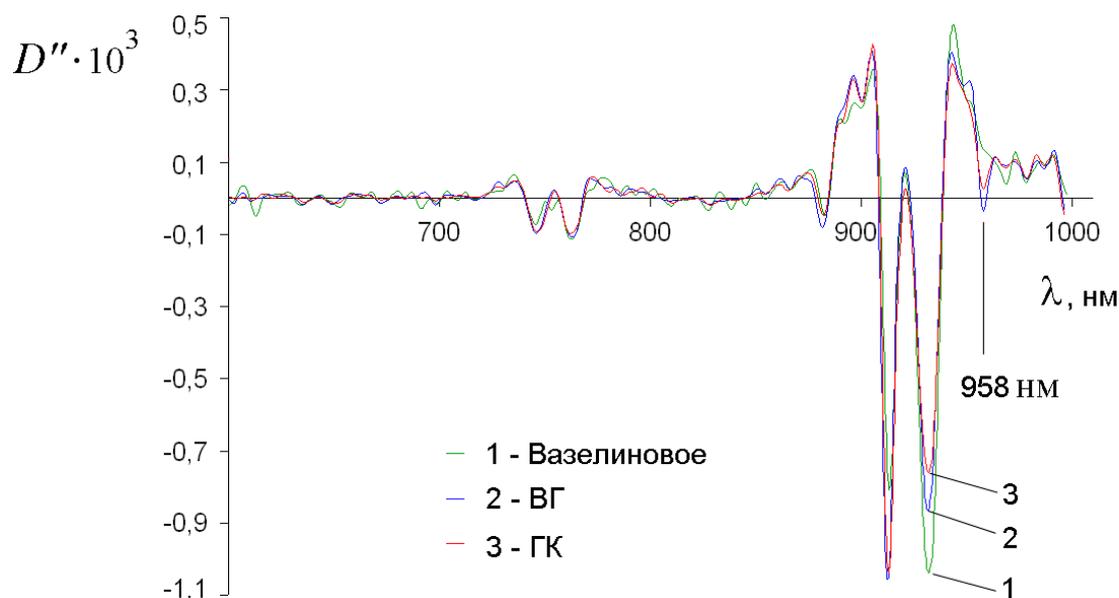


Рис. 3. Графики $D''(\lambda)$ для вазелинового масла и масел ВГ и ГК

Измерение цветовых характеристик масел носит на практике вспомогательный характер. Однако с учетом относительной простоты использования данного метода (при измерениях колориметром) и высокой корреляции между окисленностью масел и их цветовыми характеристиками, измерение цвета масел должно найти широкое применение в службах диагностики энергосистем. Калибровка колориметров осуществляется на основе спектральных измерений масел в видимом диапазоне.

Важную информацию о процессах деградации масляной изоляции можно получить при анализе спектров поглощения в фундаментальной ИК области спектра. В этой области в качестве единицы длины волны обычно используется волновое число (ν) в см^{-1} : $\text{см}^{-1} = \frac{1}{\text{мкм}} \times 10^4$. На рис. 4 приведена область спектра $2000\text{-}1550 \text{ см}^{-1}$, полосы поглощения в которой дают информацию о продуктах окисления масел, количестве сработавшей в масле присадки ионол, количестве и типе образовавшихся в масле моноциклических ароматических углеводородов и пр.

В аналитических целях необходимо также использовать область $4700\text{-}4500\text{ см}^{-1}$, где расположены полосы поглощения непредельных углеводов, и поглощение в районе 3650 см^{-1} , обусловленное интенсивной полосой поглощения присадки ионов. В целом, ИК область дает возможность не только проведения глубокого анализа текущего состояния масла, но и выявить причины, повлекшие различные изменения.

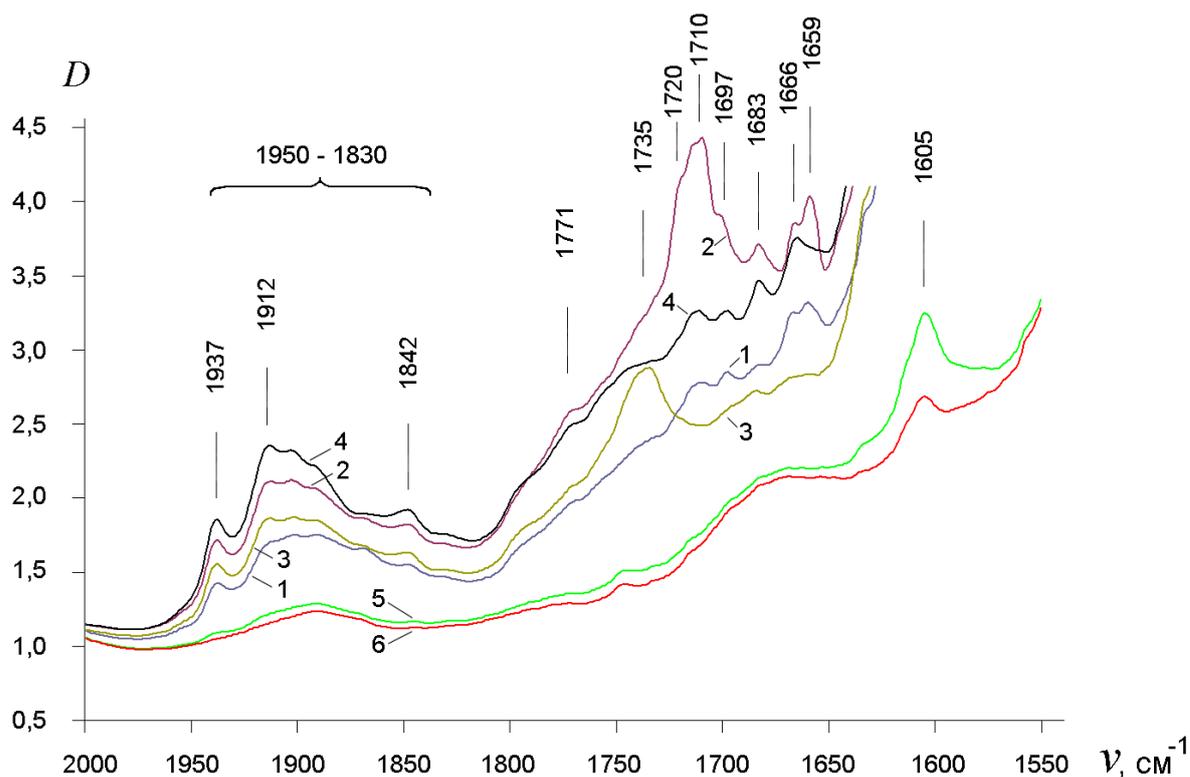


Рис. 4. Влияние продуктов окисления масел на их спектры поглощения (образцы масел 1÷6 с различными характеристиками)

Исследование состояния бумажно-картонной изоляции также можно проводить методами оптической спектроскопии. Наибольшей диагностической ценностью обладают спектры отражения в ИК области. Основной целью таких исследований является определение количества в бумаге карбонильных групп, концентрация которых коррелирует с диагностируемым на практике параметром – степенью полимеризации бумажной изоляции [3]. Степень полимеризации также коррелирует с особенностями спектров люминесценции и возбуждения люминесценции бумаги, что позволяет использовать люминесценцию в видимой области спектра для определения степени деградации бумаги и картона.

Измерение цветовых характеристик бумаги может использоваться, также как и при анализе масла, для экспресс-анализа состояния бумаги.

Литература

1. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш. Патент РФ на изобретение № 2461812.
2. Гарифуллин М.Ш., Козлов В.К. Определение концентрации ионола и кислотного числа в трансформаторных маслах спектральным методом // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2001. – № 5-6. – С. 85-96.
3. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш. Патент РФ на изобретение № 2420822.

УДК 621.311.4

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ, ОСНОВАННЫЙ НА ЗАРУБЕЖНОМ ОПЫТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Е.В. ФЕДОРОВА, НИУ МЭИ, г. Москва

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

Принятый в России инновационный подход к модернизации и развитию Единой национальной электрической сети (ЕНЭС) основан на технологической платформе интеллектуальной («умной») энергосистемы. Одной из важнейших составляющих данной платформы являются подстанции нового поколения, называемые «цифровыми подстанциями» (ЦПС). В свою очередь, ключевыми элементами ЦПС являются цифровая шина процесса, основанная на стандарте МЭК 61850, а также инновационные силовое оборудование и мультиагентные системы управления. При этом важнейшее место среди элементов ЦПС занимают комплектные (компактные) распределительные устройства с элегазовой изоляцией, известные как установки КРУЭ.

В мире практическое применение элегазовых устройств началось в конце 1960-х гг. Несмотря на то, что в России первые установки КРУЭ были установлены в 1974 и 1978 гг., в нашей стране накоплен очень малый опыт их эксплуатации. Поэтому целью данной работы является предоставление отечественным специалистам сведений, собранных авторами об опыте эксплуатации установок КРУЭ за рубежом. Необходимо отметить, что единственная статья работы российских специалистов, касающаяся надежности КРУЭ, была опубликована в 2003 г. и основывалась на статистических данных второго исследования проведенного специалистами СИГРЭ.

Основной целью данной работы является предоставление российским специалистам сведений, собранных авторами, о зарубежном опыте эксплуатации КРУЭ.

В работе приводятся результаты:

- 1) двух крупных исследований, проведенных специалистами СИГРЭ, результаты которых были опубликованы в 1992 и 2000 гг.
- 2) исследований проведенных в Германии;
- 3) исследования проведенного в Норвегии;
- 4) предварительные результаты исследования, проведенного специалистами СИГРЭ с 2004 по 2007 гг.

Необходимо отметить, что международной электротехнической комиссией (МЭК), введены следующие термины для определения отказов: значительные отказы и незначительные отказы. Значительные отказы – это отказы основных элементов или составных частей установки, вызывающие потерю одной или нескольких основополагающих функций. В нашей стране, это отказы, которые учитываются актами расследования технологических нарушений. Незначительные отказы – это отказы, которые произошли в процессе комплексного опробования, до ввода и приемки в эксплуатацию, или были выявлены при плановых ремонтах и испытаниях оборудования. В России к ним относятся отказы, учитываемые особо. Формулировка, принятая МЭК, применяется в исследованиях проводимых специалистами СИГРЭ и в исследованиях, проведенных в Германии. В исследовании, проведенном норвежскими специалистами, она не применяется. Норвежские специалисты в проведенном исследовании рассматривают особые отказы. Особые отказы – это событие, которое приводит к сбою основополагающих функций КРУЭ, и событие которое приведет к такому сбою, при невыполнении необходимых мер (т.е. ремонта оборудования). Также необходимо отметить, что в исследовании норвежских специалистов, значительно занижены сведения об отказах, которые по классификации МЭК относятся к незначительным, например, малые утечки элегаза или гидравлического масла.

1. Исследования, проведенные специалистами СИГРЭ в 1992 и 2000 гг.

В исследовании, проведенном специалистами СИГРЭ, результаты которого были представлены в 1992 г., произведен анализ 6684 установок КРУЭ. Полученные значения параметра потока отказов для установок КРУЭ, в зависимости от уровня напряжения, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения параметра потока отказов

Уровень напряжения, кВ	Параметр потока отказов, 1/год
100-200	$1,1 \cdot 10^{-2}$
300-500	$4,3 \cdot 10^{-2}$

Во втором исследовании собрана информация о 50 % от общего количества эксплуатируемых КРУЭ. Значения параметра потока отказов для КРУЭ разных уровней напряжения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения параметра потока отказов

Уровень напряжения, кВ	Параметр потока отказов, 1/год
100-200	$1,45 \cdot 10^{-2}$
300-500	$2,81 \cdot 10^{-2}$

Необходимо также отметить, что на КРУЭ установленных в 1980 г. и ранее не было зафиксировано никаких признаков старения. По результатам второго исследования СИГРЭ было предложено увеличить срок службы установок КРУЭ с 40 до 50 лет.

2. Исследования, проведенные в Германии.

Аналогичные исследования надежности установок КРУЭ проводились и немецкими специалистами. Наиболее распространенные причины отказов показаны на рис. 1.



Рис. 1. Причины отказов КРУЭ

Исходя из рис. 1, наиболее распространенной причиной отказов КРУЭ явилось несовершенство технологии производства и нарушение правил монтажа, наладки, эксплуатации и технического обслуживания.

Структура отказов КРУЭ показана на рис. 2.

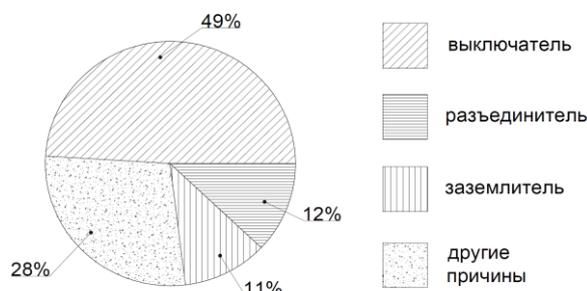


Рис. 2. Структура отказов КРУЭ

В табл. 3 приведены значения параметра потока отказов в зависимости от уровня напряжения, полученные по результатам проведенных исследований.

Таблица 3

Значения параметра потока отказов

Уровень напряжения, кВ	Параметр потока отказов, 1/год
100-200	$0,67 \cdot 10^{-2}$
300-500	$0,74 \cdot 10^{-2}$

По результатам исследования проведенного в Германии не было зафиксировано каких-либо признаков старения установок КРУЭ и было также высказано предположение, что предполагаемый срок службы данного оборудования может составить значительно больше 30 лет.

3. Исследование, проведенное в Норвегии.

В исследовании было рассмотрено 111 установок КРУЭ, с общим количеством секций выключателей 618. За время исследования было зарегистрировано 180 отказов. Особое внимание исследователи уделили отказам, причиной которых явились внутренние дуговые разряды, так как устранение последствий таких отказов является капиталоемким и трудозатратным. Из 180 зарегистрированных отказов 77 были вызваны внутренними дуговыми разрядами в первичных цепях.

На рис. 3 показано распределение параметра потока отказов в зависимости от возраста установки КРУЭ.

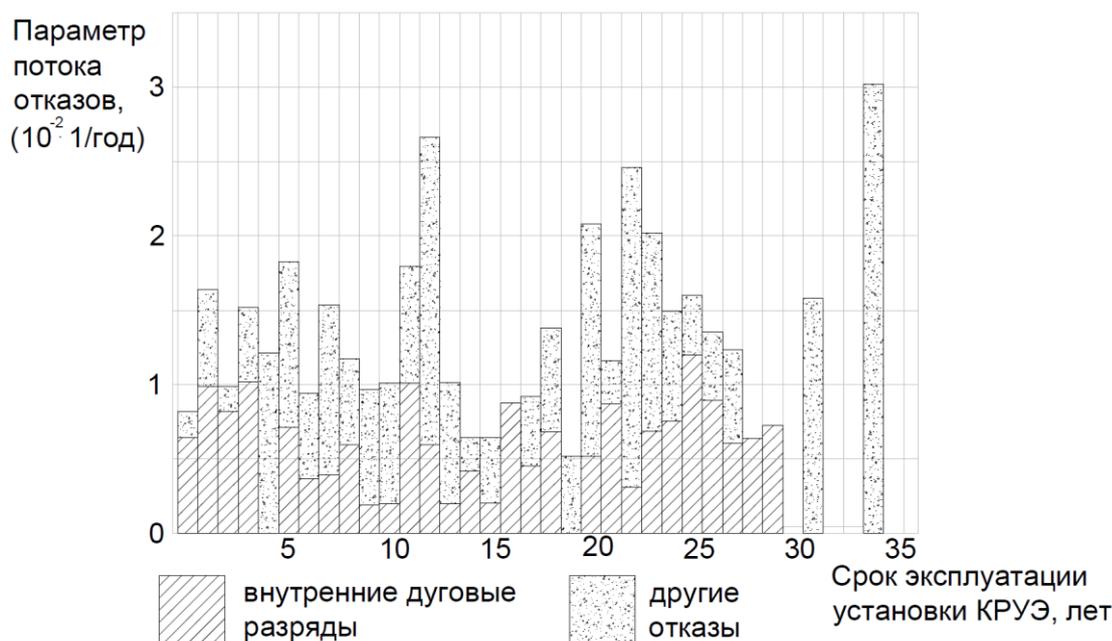


Рис. 3. График влияния продолжительности эксплуатации на надежность установок КРУЭ

По результатам исследования КРУЭ установленных в Норвегии, сделан вывод, что надежность данного вида оборудования практически не зависит от продолжительности их эксплуатации.

4. Предварительные результаты исследования проведенного специалистами СИГРЭ с 2004 по 2007 гг.

В исследовании приняло участие 24 страны. Была собрана информация о 22240 ячейках выключателей КРУЭ. Данные, касающиеся срока службы оборудования и количества отказов, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Срок службы и количество отказов КРУЭ

Срок службы, (секций·выключателей·лет)	Количество значительных отказов	Количество незначительных отказов
88948	326	1505

На рис. 4 приведен график распределения параметра потока значительных отказов КРУЭ по годам.

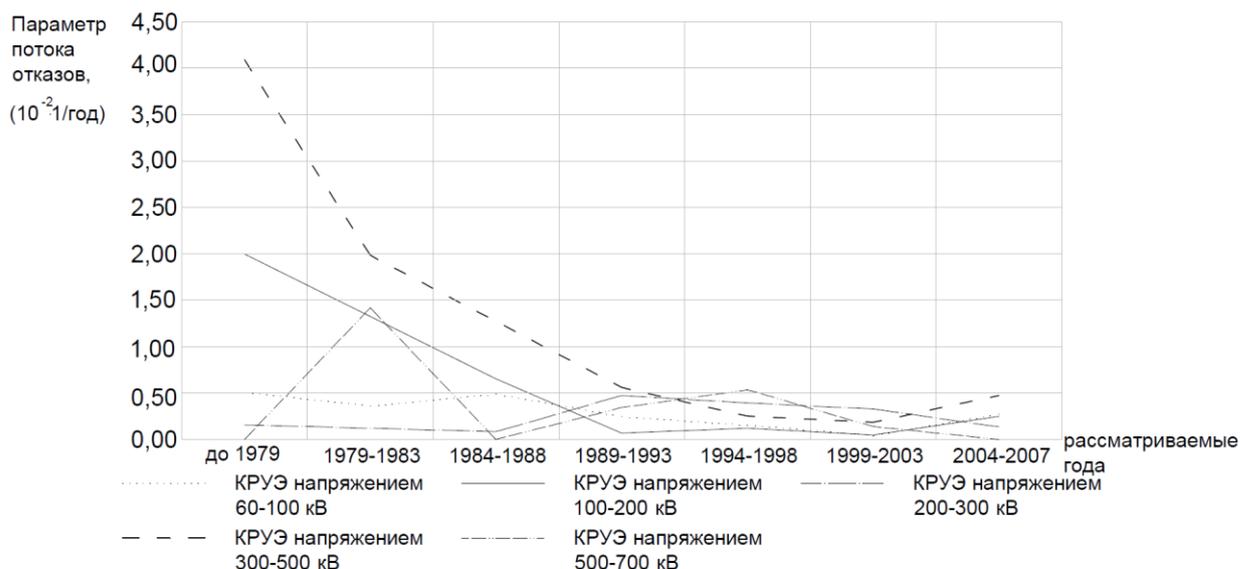


Рис. 4. Распределение параметра потока значительных отказов КРУЭ по годам

На рис. 5 показана структура значительных отказов КРУЭ разных уровней напряжения. Как видно, чаще всего отказы происходят в выключателе и разъединителе.

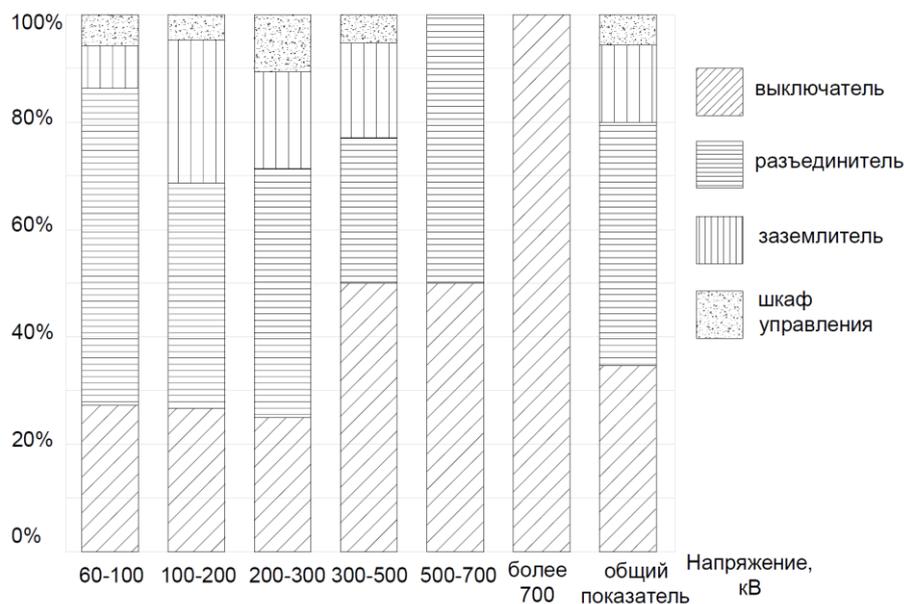


Рис. 5. Структура отказов КРУЭ

Проведенный анализ результатов исследований надежности КРУЭ дает возможность сделать следующие выводы:

- 1) наблюдается общий рост надежности КРУЭ;
- 2) чаще всего отказы происходят в выключателе;
- 3) срок эксплуатации не оказывает значительного влияния на надежность установки, т.е. возможно увеличить срок службы установок КРУЭ;

4) со времени установки и до времени проведения исследования, ни одно из рассматриваемых КРУЭ, не было выведено из эксплуатации.

УДК 621.316.1

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ КАК БАЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Т.Ф. ХАБИБУЛЛИН, инженер ОСУЭиТА филиала ОАО
«Сетевая компания» Чистопольские электрические сети

Автоматизированные системы учета электроэнергии (АИИС УЭ) – динамично развивающееся направление энергетической отрасли. Об этом говорит и появление предложений со стороны производителей, и выход на этот рынок большого числа новых компаний; и все возрастающий интерес как со стороны сетевых организаций, так и потребителей электроэнергии. Необходимость внедрения таких систем диктует, в том числе, и современное экономико-правовое поле, в котором работает ОАО «Сетевая компания».

В рамках существующего законодательства сетевая организация организует коммерческий учет электроэнергии в своих электроустановках в точках поставки на оптовом рынке энергосбытовых организаций, а также осуществляет техническое обслуживание АИИС УЭ и средств учета электроэнергии. Появление новых субъектов оптового и розничного рынка электроэнергии на территории РТ требует перехода на электронный обмен информацией о потреблении в виде получасовых значений.

Правительством РФ утверждено Постановление № 442 от 4 мая 2012 г. «Основные положения функционирования розничных рынков электрической энергии» [1], в котором устанавливается шесть ценовых категорий для расчетов за потребленную электроэнергию (п. 86). Потребители с максимальной мощностью не менее 670 кВт с 1 июля 2013 г. могут выбирать для расчетов только третью, четвертую, пятую или шестую ценовую категорию. Потребители с максимальной мощностью менее 670 кВт уже сейчас имеют право выбрать 3-6-ценовую категорию и заявления от таких потребителей стали поступать в сбытовые организации (в этих ценовых категориях осуществляется почасовой учёт). В интересах ОАО «Сетевая компания» организовать почасовой учет на границе раздела и предоставить требуемую информацию потребителям.

Рост числа заявок от потребителей на перепрограммирование приборов учета (для работы по зонам суток – 2-х-, 3-тарифный учет, изменение

времени интеграции (30 минут или 60 минут), коррекцию хода встроенных часов счетчиков) заставляет нас задуматься о дистанционных методах проведения данной работы.

Одним из путей решения озвученных вопросов является организация автоматизированного учета электроэнергии.

В филиале ОАО «Сетевая компания» Чистопольские электрические сети (ЧЭС) не первый год осуществляется строительство и расширение АИИС УЭ. На данный момент автоматизировано более 4000 точек учета. В планах дальнейшее развитие данного направления.

Существует ряд факторов, влияющих на эффективность внедрения АИИС учета электроэнергии. Чем дешевле построить систему автоматизации и проще ее обслуживать, тем ниже сроки ее окупаемости, и организация каналов связи играет здесь решающую роль.

С технической точки зрения, наиболее сложной в части автоматизации учета электроэнергии является распределительная сеть 10/6/0,4 кВ, так как ЧЭС обслуживает 2213 ТП и РП, территориально разбросанных на 13115 км², преимущественно в сельской местности. Оптимальным способом обмена информацией с приборами учета в распределительной сети 6-10 кВ до недавнего времени была сотовая связь, и применение счетчиков электрической энергии со встроенным GSM модемом было экономически оправдано. Но с увеличением числа автоматизированных точек учета возник ряд проблемных вопросов:

- наличие ТП, которые находятся вне зоны покрытия сотовых операторов, кроме того присутствует роуминг в приграничных районах республики.

- затраты на связь;

- требуется создание большого модемного пула для опроса счетчиков;

- невозможно одновременно опросить все приборы учета;

- выход из строя прибора учета влечет за собой и замену модема, встроенного в счетчик.

Использование внешнего недорогого GPRS-модема решает последние три проблемы, но как быть с первыми двумя? Появилась необходимость в поиске альтернативных вариантов организации связи с ТП вне зоны покрытия сотовой связи. Так как в филиале имелся положительный опыт внедрения PLC-технологии в распределительной сети 0,4 кВ, были изучены возможные варианты передачи данных по ВЛ 6-10 кВ. В основном предлагаемые на рынке решения имеют высокую стоимость реализации, так как для передачи информации используется стандартная ВЧ-обработка, что не всегда экономически целесообразно при строительстве систем передачи данных в распределительной сети 6-10 кВ.

В результате проведенного мониторинга выбор пал на разработчика PLC оборудования (НПО «Новотест Системы» г. Новороссийск), который представил концепцию обеспечения связи на дальних дистанциях при приемлемых для данного вида передачи информации затратах.

После нескольких этапов опробований и доработок в декабре 2011 г. на базе воздушных ЛЭП развернута система передачи информации с использованием PLC модемов типа НТС-7075-03.

Работы проводились на КТП, подключенных к фидеру № 4 10кВ ПС «Муслюмкино». Для установки оборудования определены семь КТП, подключенных к данному фидеру: ТП-174, ТП-176, ТП-173 (поселок Тат. Багана), ТП-302 (поселок Верх. Кондрата), ТП-358, ТП-304, ТП-303 (поселок Ниж. Кондрата). На данных КТП на стороне низкого напряжения 0,4 кВ установлены PLC-модемы. Аналогичное устройство смонтировано на ПС Муслюмкино в ячейке ТСН-2.



Рис. 1. Внешний вид модема PLC-10кВ

Модемы НТС-7075-03 преобразуют принятую через RS-485 интерфейс информацию в PLC-сигнал, который с шины 0,4 кВ через силовой трансформатор передается по ВЛ 10 кВ. Каждый такой модем имеет собственный уникальный адрес в PLC-сети и может выступать в роли ретранслятора. Протокол передачи данных этих устройств в своей структуре содержит маршрут доставки. Модем принимает информацию, и если его адрес указан в маршруте как ретранслятор, он усиливает сигнал и передает его дальше, если он адресат, то декодирует информацию и передает ее в порт RS-485 конечному устройству. На наблюдаемой ВЛ наиболее протяженный участок передачи данных между двумя объектами составил около 11 км. Отмечено, что при построении маршрутов передачи данных в качестве ретрансляторов лучше выбирать ТП с наибольшей нагрузкой. Экспериментально доказана возможность передачи данных между фидерами 6-10 кВ, подключенных к одной секции шин подстанции.

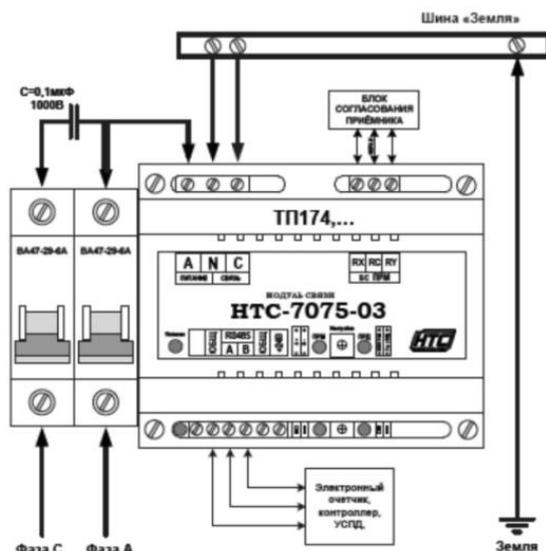


Рис. 2. Схема подключения модема PLC-10кВ

При применении данной технологии затраты на организацию канала связи для передачи данных АИИС УЭ оказались соизмеримы с организацией канала связи GSM. При этом можно выделить ряд отличительных особенностей:

- независимость от зоны покрытия операторов сотовой связи;
- отсутствие затрат на связь, при использовании собственных каналов связи до ПС;
- возможность передачи дополнительной информации (телемеханика, телеуправление, телесигнализация, PLC-II и др.) с ТП без дополнительных затрат на связь и коммуникационное оборудование;
- возможность организации нескольких независимых резервных каналов до объекта учета;
- данная технология удовлетворяет «Техническим требованиям к системе сбора и передачи данных в распределительных сетях ОАО «Сетевая компания» от 02.07.2012.

В качестве недостатка можно отметить невысокую скорость передачи данных (до 24000 Бод), что не критично при передаче данных АИИС УЭ, но может являться ограничением при попытке передачи большого объема дополнительной технологической информации.

В ближайшее время потребуется проведение работ по интеграции данного оборудования с ПО ИИС «Пирамида», на базе которой создан центр сбора и обработки информации (ЦСОИ) АИИС УЭ филиала.

Помимо опробования системы передачи информации с использованием PLC модемов проводилось тестирование GSM/GPRS оборудования различных производителей. По результатам работы можно отметить, что для ЧЭС представляет практический интерес модем SDM TC-65 производства ООО Завод «Промприбор» г. Владимир.

Из достоинств SDM TC-65 стоит отметить:

- конкурентоспособная стоимость по сравнению с аналогичными устройствами;
- благодаря пакетной обработке информации снижаются затраты на связь даже в режиме CSD;
- легко интегрируется в ЦСОИ на базе ПО ИИС «Пирамида»;
- совместим со всеми приборами, поддерживаемыми ПО ИИС «Пирамида».

Из недостатков необходимо отметить:

- отсутствие режима работы «сквозного канала RS-485»;
- к порту RS-485 должны быть подключены только однотипные устройства.

Но учитывая, что как правило, в рамках одного энергообъекта 6/10 кВ в филиале ОАО «Сетевая компания» Чистопольские электрические сети эксплуатируются приборы учета одного типа, последний недостаток несущественен. Отсутствие режима работы «сквозного канала» грозит отсутствием возможности дистанционно перепрограммировать прибор учета, а следовательно большими операционными издержками на выполнение данных процедур. Здесь возможны два пути решения:

- реализация в ПО для конфигурирования приборов учета со стороны ООО «НПК «Инкотекс» протокола информационного обмена «Пирамида»;
- устранение заводом «Промприбор» перечисленных недостатков.

В настоящее время ведется работа с производителями в обоих направлениях.

В распределительной сети 0,4 кВ хорошо себя зарекомендовала система PLC-II производства ООО «НПК «Инкотекс» [2]. В настоящее время по данной технологии в филиале ЧЭС автоматизировано 15 ТП, более 900 ТУ (точек учета).

Автоматизировались в первую очередь объекты с наибольшим уровнем потерь электрической энергии. При этом учет организовывался на границе раздела балансовой принадлежности с потребителем, что позволило минимизировать возможность неучтенного потребления электрической энергии и и снизить долю коммерческих потерь, связанных с несовершенством учета электроэнергии.

В табл. 1 приведены сводные данные по автоматизированным объектам.

При рассмотрении табл. 1 следует обратить внимание на «фиолетовую группу»: сроки окупаемости около 3 лет несмотря на невысокий уровень потерь и сравнительно высоких затрат на 1 точку учета. Фактические потери электроэнергии можно довести до уровня технических потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ.

Сводные данные по автоматизированным объектам (ТП) 0,4 кВ ЧЭС

Перечень ТП		Суммарный среднемесячный отпуск э/э с ТП, кВтч	Суммарный среднемесячный полезный отпуск э/э с ТП, кВтч	Суммарные потери по данным ТП, кВтч в мес.	Суммарные потери по данным ТП, %	Снижение потерь, кВтч в год
701156, 701152, 702138, 701125, 768094А, 707035, 711057, 768011, 768011	До автоматизации	291 273	175 842	115431	39,6%	1 225 197
	После	233 434	220 103	13332	5,7%	
711096, 709060, 709059, 711180, 711054, 711185, 711095	До автоматизации	517 824	469 524	48299,625	9,3%	497 669
	После	465 202	458 374	6827,25	1,5%	

Разъяснения к табл. 1:

Характеристика 8 объектов (ТП):

- коттеджные поселки, с наибольшими потерями.
- потребители – преимущественно физ. лица, запитанные по ВЛ 0,4 кВ, некоторые сильно удалены от ТП.
- большое количество потребителей.
- учет организован преимущественно в ВЩУ на границе балансовой принадлежности, за исключением ТП № 768011 и ТП № 768094А, где счетчики стоят внутри домов.
- невысокая удельная потребляемая мощность на 1 ТУ.

ТП:

- выполнены в рамках программы капитального строительства автоматизированной системы учета электроэнергии в распределительной сети г. Чистополь, 1 очередь.
- ТП городские, потребителей небольшое количество, в основном юридические лица.
- потребители запитаны преимущественно КЛ 0,4 кВ, за исключением ТП № 711095 и № 709059, где присутствуют и ВЛ 0,4 кВ.
- высокая удельная потребляемая мощность электроэнергии на 1 ТУ.

При выборе объектов автоматизации учета электроэнергии требуется учитывать не только величину фактических потерь, но и удельные потери на одну точку учета в кВт·ч.

Структура потерь электроэнергии по ЧЭС за 2011 г. представлен на рис. 3.

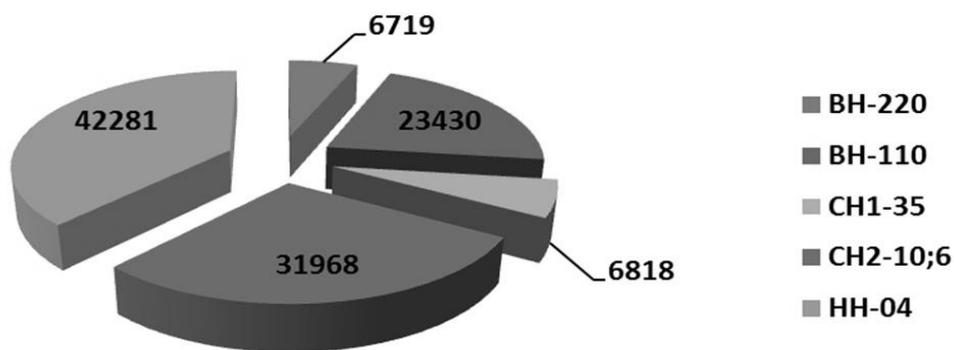


Рис. 3. Структура потерь в филиале ЧЭС

Из представленной диаграммы можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным направлением автоматизации учета является строительство АИИС в распределительных сетях 10(6)-0,4 кВ с применением PLC-технологий. Анализ эффективности таких мероприятий показывает существенное снижение коммерческих потерь при низком сроке окупаемости.

Кроме того, специалисты компании получают возможность дистанционного контроля основных параметров электрической сети и режима электропотребления, коэффициента реактивной мощности. Также автоматизируется процесс формирования балансов электроэнергии, контроля максимальной мощности. Сокращаются издержки персонала на выявление неисправности расчетных и технических приборов учета и проведение контрольных обходов.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (вместе с «Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии»).

2. Камалиев Р.Н., Мингалиев А.Р., Хабибуллин Т.Ф. Результаты опробования автоматизированной системы учета электроэнергии на базе PLC-технологии в распределительных сетях 10-0,4 кВ // Энергетика Татарстана. – 2011. – № 4 (24).

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ**

УДК 621

**ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ
ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ**

А.Ф. АБДУЛВАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.А. ГИНИАТУЛЛИН

В процессе эксплуатации электрооборудования изменяется пробивное напряжение трансформаторного масла.

Целью данной работы является исследование наличия корреляционной зависимости между пробивным напряжением и коэффициентом пропускания. Для проведения исследований было отобрано пять образцов трансформаторного масла из действующего электрооборудования (ТТ-110 кВ на ВЛ-110 Свияжск – Зел. Дол Ф «В», Т-1 Бак, ТН-110 № 2 Ф «А», Т-2 Бак, Т-1 Бак) Буинских электрических сетей ОАО «Сетевая компания».

Данные образцы проб масел были исследованы в испытательной лаборатории СИЗП по параметрам: среднее пробивное напряжение, содержание водорастворимых кислот и щелочей, кислотное число, температура вспышки, влагосодержание, содержание механических примесей, тангенс угла диэлектрических потерь.

Следующий этап экспериментальных работ был проведён на спектрометре СФ-56 в лаборатории Казанского государственного энергетического университета. На спектрометре предварительно задали диапазон, шаг дискретности, режим измерения, ширину щели, измеряемую величину. Образцы трансформаторного масла были исследованы – померено спектропропускание. На основании полученных данных построены графики зависимости между длиной волны и коэффициентом пропускания.

Из построенных графиков видно, что проявляется зависимость между коэффициентом пропускания и длиной волны в диапазоне 400-500 нм.

Дальнейшим этапом планируется нахождение коэффициента корреляции между пробивным напряжением и коэффициентом пропускания.

УДК 621.316

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10-0,4 кВ

Л.И. АБДУЛЛИН КГЭУ, г. Казань

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

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии. Этот индикатор все отчетливее свидетельствует о накапливающихся проблемах, которые требуют безотлагательных решений. Перечень мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях:

1) мероприятия по оптимизации режимов электрических сетей и совершенствованию их эксплуатации;

2) мероприятия по строительству, реконструкции, техническому перевооружению и развитию электрических сетей, вводу в работу энергооборудования;

3) мероприятия по совершенствованию расчетного и технического учета, метрологического обеспечения измерений электроэнергии;

4) мероприятия по уточнению расчетов нормативов потерь, формированию балансов электроэнергии по фидерам, центрам питания, населенным пунктам и электрической сети в целом; по совершенствованию анализа очагов потерь электроэнергии;

5) мероприятия по выявлению, предотвращению и снижению хищений электроэнергии и проблемных потребителей;

6) мероприятия по совершенствованию организации работ, стимулированию снижения потерь, обучению и повышению квалификации персонала, контролю эффективности его деятельности.

Решающее значение при выборе тех или иных мероприятий и мест их проведения имеют расчеты и анализ допустимых и фактических небалансов электроэнергии на электростанциях, подстанциях и в электрических сетях.

УДК 620.9

ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ, ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ИРАКЕ

Х.М. АДЕЛЬ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.Р. БУЛАТОВ

Приведены результаты изучения гидрографической сети Ирака, которая включает большое количество небольших рек, на которых могут быть сооружены малые гидроэлектростанции. Сделана оценка гидроэнергетического потенциала рек Ирака, который соизмерим с объемом современного производства электроэнергии в стране. Дана рекомендация, что энергию рек в Ираке целесообразно применять в составе энергетических установок на базе возобновляемых источников энергии.

В работе также предложена методика и расчеты потенциала солнечного излучения в Ираке. Среднемесячная суммарная солнечная радиация на иракской территории для г.г. Багдада, Мосула, Басры и Рутбы приведены в табл. 1.

Анализ данных по среднемесячной суммарной радиации позволил сделать вывод о том, что с точки зрения ресурсов солнечной энергии Ирак может быть разделен на Южную и Северную зоны и располагает значительным ресурсом солнечной энергии. Использование 0,1 % территории Ирака с к.п.д. 15 % преобразования энергии Солнца в электрическую даст примерно в 5 раз больше электроэнергии.

Проведенная оценка ветровой энергетики в Ираке сделана исходя из средней скорости ветра на высоте $h = 50$ м порядка скоростью $V = 4,5$ м/с. Величина $N_{вэу} = 168$ кВт/кв. км. Теоретические ресурсы ветроэнергетики в Ираке составляют около 73 млн кВт, а технические ресурсы – 22 млн кВт. Возможная энергия при этом будет $\mathcal{E} = 66$ млн МВт·ч/год.

УДК 621.316

МОНТАЖ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

К.А. АЛЕКСЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Г. АППОЛОНОВА

Доклад посвящен технике монтажа выключателей. В докладе приведены описание, назначение, устройство и работа выключателя, даны технические характеристики выключателя.

Большая часть доклада посвящена монтажу выключателей, приводятся методики работы персонала, техника безопасности, испытания и проверки, измерение параметров и регулирование, использование, техническое обслуживание, выключателя. Затрагиваются как технический, так и организационно-методический аспекты обеспечения работы по монтажу выключателей. В докладе поэтапно описан текущий, средний и капитальный ремонт. В приложении обсуждается техника безопасности при работе с элегазом, продуктами его разложения и с адсорбентами.

УДК 621.314

КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОБМОТОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ МЕТОДОМ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

А.М. АЛЬ-ШАХЕТИ, КГЭУ, г. Казань

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

Одним из важнейших элементов, определяющих надежность электроснабжения в энергосистеме, является силовой трансформатор.

На сегодняшний день в мировой практике эксплуатации электрооборудования принята и экономически оправдана диагностика «по состоянию». Поэтому совершенствование существующих и разработка новых более чувствительных методов контроля силовых трансформаторов является актуальной задачей.

Для диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов наиболее широко применяется метод низковольтных импульсов. Метод низковольтных импульсов обладает значительно более высокой чувствительностью практически ко всем видам механических деформаций обмоток.

Более высокая чувствительность метода низковольтных импульсов по сравнению с другими обусловлена тем, что даже относительно небольшие смещения элементов обмоток (витков, катушек) приводят к значительным локальным изменениям соответствующих емкостей. Изменение емкости приводит к изменению собственной частоты колебаний соответствующего контура, что и проявляется в осциллограмме.

Диагностическая установка «Импульс-9» предназначена для диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов, в ос-

нове диагностики лежит метод частотного анализа, наиболее чувствительный метод диагностики механических деформаций.

В основе метода НВИ лежит принцип последовательного дефектографирования, когда результаты текущих измерений сравниваются с результатами предыдущих измерений, а состояние трансформатора оценивается степенью отклонения номограммы от дефектограммы.

Применение метода низковольтных импульсов оказалось весьма эффективным при решении вопросов планирования сроков и объемов капитальных ремонтов трансформаторов.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Л.Ф. АХМЕТЗЯНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.М. ВАЛИУЛЛИНА

Развитие современных энергосистем характеризуется ростом протяженности линий электропередачи и числа подстанций, усложнением схем электрических связей. Поиск рациональных вариантов развития электрических сетей и их анализ становятся всё более затруднительными. Повышенные требования к качеству и срокам изготовления проектной документации становится невозможным выполнить без автоматизации труда проектировщиков, без формализации на основе математических методов процесса проектирования.

Система автоматизированного проектирования, построенная на основе современных ЭВМ, при участии проектировщика может обеспечить снижение сроков разработки и повышению качества проектов, снизить трудовые и материальные затраты на проектирование. Однако указанная система требует ещё всестороннего развития и доработки.

Следует отметить, что до настоящего времени при проектировании электрических сетей энергосистем используются, как правило, отдельные математические модели и программы, которые предназначаются для наиболее трудоёмких и часто повторяющихся расчетов. Применение этих программ предполагает, что варианты развития электрических сетей намечаются вручную. При этом отсутствует возможность рассматривать достаточное количество проектных вариантов, а проектировщики перегружены малопродуктивной работой.

Наибольший эффект от внедрения автоматизированного проектирования энергосистем можно получить только при условии, когда оно орга-

низовано на всех этапах проектирования – от формулировки технического задания до выдачи проектной документации.

УДК 621.316

ПОЛНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 0,4 кВ

А.Р. АХМЕТШИН, КГЭУ, г. Казань

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

В распределительных электрических сетях напряжением 10 кВ одной из острых проблем на сегодняшний день является отклонение напряжения от допустимых пределов. 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 приводит к выходу 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. Одной из причин снижения уровня напряжения является то, что 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. С целью уменьшения отклонения напряжения необходимо определить влияния полной компенсации реактивной мощности (КРМ) на уровень напряжения. Поскольку в большинстве случаев в распределительных электрических сетях напряжением 10 кВ, коэффициент реактивной мощности равен 0,6, полная КРМ может существенно увеличить напряжения у потребителя.

Установлено, что сроки окупаемости КРМ до нуля незначительно превышают сроки окупаемости компенсации до нормативных пределов, из чего можно сделать вывод о необходимости КРМ до нуля, так как в дальнейшем получается долгосрочный экономический эффект. Построенные графики увеличения уровня напряжения позволяют оценивать эффективность полной КРМ на качество электроэнергии (отклонение напряжения), эффективность совместного применения с ВДТ, устройствами ПБВ, а также оценить возможность уменьшения количества ВДТ. Рассмотренные методы повышения уровня напряжения позволят обеспечить потребителя качественной электроэнергией с минимальными денежными затратами.

УДК 338.45:621.315

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЛЭП С УЧЕТОМ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Е.А. АХУНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. МУХАМЕТЖАНОВ

Целью работы является рассчитать стоимость сооружений ЛЭП с учетом географических особенностей.

Главная задача – определить сумму затрат на строительство ЛЭП на сложных трассах с большим количеством пересечений, а также проходящих по пересеченной и горной местности.

Базовые показатели стоимости свободностоящих промежуточных опор ЛЭП 220 кВ со сталеалюминиевыми проводами на стальных опорах составляет 54 тыс. руб./км (с учетом НДС), а на железобетонных опорах – 45 тыс. руб./км (с учетом НДС). В усложненных условиях строительства: болотистая трасса, пойма рек, по косогорам в стесненных условиях стоимость 1 опоры умножается на коэффициент 0,05, 0,02 и 0,7 относительно 1 км соответственно.

Для участков ЛЭП, проходящих по лесу, стоимость вырубке просеки определена для леса со средними показателями крупности, высоты и твердости с учетом корчевки пней под дороги и площадки опор. Стоимость вырубке просеки для ЛЭП – 220 кВ 4,4 тыс. руб./км, стоимость лежневых дорог – 15,0 тыс. руб./км.

Дополнительные затраты, учитывающие усложненные условия строительства, могут быть приняты для соответствующих участков трассы с использованием повышающих коэффициентов по отношению к базовым показателям стоимости: на стальных опорах в горных условиях, на болотистых трассах, в поймах рек – 1,32; 1,16 и 1,09. На железобетонных опорах соответственно – 1,35; 1,7 и 1,1.

При необходимости сооружения больших переходов ЛЭП через судоходные реки, каналы, проливы и другие водные преграды их стоимость определяется специальным расчетом. Для ЛЭП напряжением 220 кВ при длине переходного пролета 755-1395 м, высоте опор 94-158 м стоимость сооружений через водные преграды составляет 700-6170 тыс./руб.

Вывод: теряется возможность экономии материалов и капитальных затрат. Оценка экономии материалов и капитальных затрат возможна только с помощью многовариантных расчетов.

УДК 620.9(533)

ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ЙЕМЕН

А.М. БАБОРАИК, КГЭУ, г. Казань

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

Энергетические проблемы – одни из важнейших мировых проблем современности. Они затрагивают самым непосредственным образом развивающиеся страны Африки, Азии и Латинской Америки. Недостаточность производства электроэнергии, ее дороговизна сдерживают не только создание промышленности и перерабатывающих отраслей в сельском хозяйстве этих стран, но и их социальное развитие.

Исключительно важны проблемы воздействия топливно-энергетического комплекса на окружающую среду. По мере увеличения производства энергии в мире острота экологических проблем будет возрастать. Это заставляет уже сейчас думать о целесообразности широкого использования экологически чистых возобновляемых источников энергии.

Необходимые темпы потребления энергоресурсов в Республике Йемен вполне могут быть обеспечены за счет использования экологически чистых возобновляемых энергоисточников – геотермальной энергии, энергии солнца, ветра, биомассы.

В докладе приводится обоснование возможности, целесообразности и эффективности использования возобновляемых источников энергии в электроэнергетике Республики Йемен. Приводятся расчеты и оценки ресурсов различных видов возобновляемых источников энергии, а также наиболее перспективные из них в природных условиях Йемена.

УДК 621.311.04

ЗАВИСИМОСТЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОТ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Р.Н. БАЛОБАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время широкое применение нашло применение в качестве изоляционной и дугогасящей среды элегаза (шестифтористой серы).

Он используется в различном высоковольтном оборудовании: комплектные распределительные устройства, выключатели, измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также в токопроводах. Внедрение в электроэнергетику элегазового оборудования позволяет увеличить надежность электроснабжения потребителей

В России имеется большой опыт эксплуатации элегазового оборудования, однако не проводились исследования влияния его срока службы на состояние изоляции.

В работе рассмотрен цикл жизни элегазового оборудования, а также основные факторы, влияющие на надежность элегазового оборудования в процессе эксплуатации. Проведен анализ основных дефектов и отказов элегазового оборудования в Мосэнерго. В конце статьи приводится вывод о влиянии времени эксплуатации элегазового оборудования на состояние изоляции.

УДК 621.315.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

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

Одной из важнейших задач при изучении воздействия электромагнитных полей на различные структуры электротехнических систем является исследование стойкости силовых кабельных линий высокого и низкого напряжения, а также помехозащищенности информационных каналов систем управления энергетическими объектами по отношению к действию внешних электромагнитных излучений различного происхождения и оценка соответствующих токов и напряжений, наводимых этими излучениями в линиях. При этом под внешними понимаются излучения, генерируемые в широком диапазоне частот внешними по отношению к кабельным линиям источниками самой разнообразной природы. В качестве таких источников могут выступать различные элементы электротехнических систем, генерирующие электромагнитные поля, например, близ расположенные линии электропередачи, коммутационные устройства и токоограничители, приемники и преобразователи электрической энергии низкого и высокого напряжения, а также электрические молниевые разряды, различного рода мощные излучатели электромагнитной энергии (например, мощные СВЧ-

системы, радиопередатчики и локаторные системы), источники ионизирующего излучения и другие.

Результаты измерений, выполненных рядом организаций, показывают, что даже при экранировании кабельных линий, значительно снижающего степень воздействия внешнего электромагнитного поля, амплитуды наведенных напряжений в жилах кабельных линий таковы, что с ними приходится считаться, когда идет речь, например, о вопросах качества электрической энергии. Кроме того, проблема экранирования кабельных линий приобретает особую значимость при решении вопросов эффективной защиты информационных потоков в системах управления, связи и телекоммуникации, используемых на энергетических объектах.

Таким образом, возникает необходимость оценивать степень воздействия внешних электромагнитных полей на кабельные линии электроэнергетических систем.

УДК 621.314

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Г.С. ГАБДУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. С.А. ЗИМНЯКОВ

В системах электроснабжения силовые трансформаторы являются дорогими и ответственными элементами, обеспечивающими в нормальных условиях питание всех приемников электроэнергии.

Опыт эксплуатации показывает, что по окончании нормативного срока службы значительная часть трансформаторов сохраняет свою работоспособность при соблюдении допустимых нагрузочных режимов, своевременном проведении ремонтов и качественном их выполнении.

В последние годы в энергетике наметилась тенденция к переходу от системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) к ремонтам по действительному техническому состоянию электрооборудования, как это принято в развитых странах. Как показал опыт эксплуатации силовых трансформаторов, проведение ППР без предварительного комплексного обследования себя не оправдывает, так как приводит не только к существенным материальным затратам, но и ряде случаев и к ухудшению характеристик изоляции.

Для повышения надежности силовых трансформаторов, отработавших срок службы и перешедших в разряд изношенного электрооборудования, необходимо выполнять следующие требования:

- улучшать защиту от перенапряжений и воздействия токов КЗ;
- увеличивать степень секционирования и резервирования;
- снижать тепловую нагрузку;
- совершенствовать защиту от увлажнения;
- обновлять изоляцию (путем сушки, очистки и регенерации с растворением и удалением продуктов старения);
- использовать пленочную защиту масла;
- применять улучшенные адсорбционные фильтры;
- совершенствовать систему охлаждения;
- устранять потенциальные очаги повышенного нагрева;
- повышать надежность контактных токоведущих соединений и др.

УДК 621.314

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

И.И. ГАЛЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.А. ФЕДОТОВ

Под распределённым производством энергии в настоящее время подразумевается строительство дополнительных источников электроэнергии в непосредственной близости от потребителей. С учетом имеющихся ограничений (технологических, правовых, экологических и т.д.), мощность таких источников выбирается исходя из ожидаемой мощности потребителя. При этом потребитель не отключается от общей сети электроснабжения.

Распределенная генерация в непосредственной близости от центра нагрузки создает возможность отсрочки или устраняет вовсе необходимость сооружения региональных электростанций и дополнительной сетевой инфраструктуры за счет срезания пикового потребления и разгрузки существующих сетей. Наличие источников напряжения в непосредственной близости от нагрузки увеличивает надежность энергоснабжения, способствует поддержанию должных уровней напряжения в сети и снижает риск потери устойчивости. За счет распределенной генерации снижаются потери в сетях и перетоки реактивной мощности.

Распространение малой и средней генерации во владении конечных потребителей в мире в последнее время идет весьма активно. В последнее время процесс начинает набирать обороты и в России.

В России, несмотря на рост темпов строительства объектов распределенной генерации, этот процесс не находит должного места в перспективном планировании развития системы. Это откладывается на потом. Еще нет осознания того вклада, который распределенная генерация может внести в общее развитие системы и ее модернизацию и нет осмысленной государственной политики на этот счет. При разработке такой политики важнейшим положением должно стать требование проанализировать и при необходимости пересмотреть философию и технологию перспективного планирования развития системы с учетом распространения распределенной генерации, создания микросетей и внедрения технологий умных сетей.

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ КОЛЬЦЕВОГО ТИПА

Р.Ф. ГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

До 60 % общих потерь электроэнергии приходится на долю распределительных сетей. В связи с этим снижение потерь электроэнергии именно в таких сетях является очень актуальной проблемой.

В настоящее время оптимизация режимов работы осуществляется регулированием напряжения в центрах питания и размыканием замкнутых сетей в целях перераспределения потоков мощности. Регулирование напряжения в центрах питания осуществляется только по его модулю, что не позволяет оптимизировать потоки активной и реактивной мощности от каждого центра питания. Оптимизировать эти потоки можно путем размыкания замкнутых сетей с помощью реклоузеров. Однако положение оптимальных точек размыкания зависит от изменяющегося графика нагрузки, а размещение реклоузеров в сети фиксировано. Кроме того, оптимальные точки размыкания для потоков активной и реактивной мощности в большинстве случаев могут не совпадать. Указанные причины не позволяют существенно снизить потери электроэнергии.

Данная работа рассматривает вопрос целесообразности применения вольто-добавочных трансформаторов (ВДТ) с целью снижения потерь

электроэнергии. Продольно-поперечное регулирование с ВДТ позволяет формировать оптимальные точки потокограда по активной и по реактивной мощности, обеспечивая экономичное распределение потоков. Была разработана математическая модель, и проведены серии расчетов, что позволило определить необходимые пределы регулирования напряжения на одном конце ЛЭП с двухсторонним 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.

Применение ВДТ определяется после выполнения работ по оценке существующих сетей и возможности производства ВДТ со стоимостью, обеспечивающей приемлемый срок его окупаемости.

УДК 621.316

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕКЛОУЗЕРОВ

А.Б. ГАРИПОВА, А.И. ЯКУПОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.А. ГИНИАТУЛЛИН

Сравнительный анализ эффективности различных вариантов автоматического секционирования линий на базе реклоузеров выявил количественные показатели основного эффекта. В зависимости от варианта секционирования, по сравнению с базовым вариантом (ручное-местное секционирование), недоотпуск электрической энергии, как основной показатель надежности, снижается на 70-87 %. Результаты расчетов показывают, что комбинируя места установки реклоузеров в сети можно добиваться разной степени надежности электроснабжения потребителей. Это позволяет применять концепцию автоматического секционирования с применением реклоузеров адресно, в отношении наиболее ответственных потребителей. Таким образом, децентрализованная система секционирования воздушных распределительных сетей позволяет существенно влиять на надежность как всего фидера в целом, так и его отдельных потребителей.

Реклоузер – современный коммутационный модуль, объединивший в себе вакуумный выключатель со встроенными измерительными датчиками тока и напряжения, автоматизированную систему оперативного питания, микропроцессорную установку релейной защиты и автоматики, систему

портов для подключения устройств телемеханики и комплекс программного обеспечения. Реклоузер имеет значительно меньший вес и размеры по сравнению с секционирующими пунктами старого поколения, которые применяются в распределительных электросетях в настоящее время, и при профессиональном монтаже практически не требует обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

ЗАО «РЭС» установило 6 реклоузеров в филиале «Приобские электрические сети». Данный участок сетей был выбран для установки нового оборудования с учетом большой протяженности и разветвленности фидера 10 кВ № 7 от РП «Пашино», осуществляющего электроснабжение пяти населенных пунктов Новосибирской области, где идет интенсивное освоение территорий ответственными потребителями. Если до установки реклоузеров на данном фидере регистрировалось порядка 33-35 отключений в год, то после их количество сократилось, по меньшей мере, в три раза (десять – в 2007 г., восемь – в 2008 г., шесть – в 2009 г.).

УДК 621.316

ОПТИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Л.М. ГИЛЬФАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. И.Н. ЛИЗУНОВ

Технический прогресс в области счетчиков электрической энергии привел к тому, что из простых индукционных устройств они превратились в сложные аппаратно-программные комплексы с мощной цифровой обработкой сигналов.

В качестве же первичных измерителей (масштабирующих преобразователей) по-прежнему чаще всего выступают электромагнитные измерительные трансформаторы, имеющие ряд недостатков. К таким недостаткам можно отнести явления резонанса, гистерезиса, насыщения, остаточного намагничивания.

Эти недостатки послужили к построению высоковольтных преобразователей сделанных на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), которые были бы основаны на магнитооптических эффектах Фарадея и Поггеля.

Эффект Фарадея заключается в изменении поляризации светового потока под воздействием магнитного поля. Эффект Поггеля заключается

в изменении угла преломления и поляризации под воздействием электрического поля.

Оптические трансформаторы тока и напряжения дают преимущества перед электромагнитными трансформаторами напряжения и тока, а именно:

- 1) широкий динамический диапазон измерений. Высочайшая термическая и электродинамическая стойкость;
- 2) высокая линейность;
- 3) отсутствие явлений насыщения, гистерезиса, остаточного необратимого изменения параметров после перегрузки вследствие, например, короткого замыкания;
- 4) отсутствие явления резонанса;
- 5) широкий частотный диапазон, позволяющий анализировать гармоники напряжения и тока непосредственно в высоковольтной цепи;
- 6) отсутствие влияния нагрузки вторичных цепей и потерь в них;
- 7) высокая устойчивость оптоволоконных информационных каналов к внешним электромагнитным помехам;
- 8) меньшие массогабаритные показатели;
- 9) высокая безопасность, пожароустойчивость и экологичность преобразователи не содержат в себе ни масла, ни бумаги, ни элегаза.

Наличие оптико-цифровых устройств электрооборудования станции, подстанции усиливает надежность электросетевого объекта и энергосистемы в целом.

УДК 621.438:(470.41)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ И ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

М.О. ДЗИОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Е.А. МИРОНОВА

В работе проведен анализ возможностей и перспектив использования газотурбинных установок (ГТУ) и парогазовых установок (ПГУ) в энергетике Республики Татарстан. Разработана модель «Выбросы ГТУ и ПГУ в окружающую среду».

На сегодняшний день дефицит электроэнергии Казанского энергорайона достигает 70-80 %. Прогнозы потребления электроэнергии с 2010 по 2015 гг.: рост на 30-35 %. В связи с этим необходимо внедрение нового

оборудования, в виде ГТУ и ПГУ, а также для покрытия пиковых нагрузок и увеличения выработки электроэнергии с соблюдением экологической безопасности.

На Казанской ТЭЦ-2 внедряют 2 блока ПГУ – 110 МВт. Блок ПГУ – 110 имеет следующее основное оборудование: паровая турбина SST-400, газовая турбина типа MS6001F/FA мощностью 76 МВт, котел-утилизатор. Имеет к.п.д. 54,7 %.

На Казанской ТЭЦ-1 введена в эксплуатацию ГТУ-ТЭЦ электрической мощностью 50 МВт. Основу составляют 2 энергоблока ГТЭ-25НК на базе ГД НК-37 с котлами-утилизаторами к.п.д. – 35 %. ГТУ позволило разгрузить транзитную ЛЭП – 500 кВ. Возможность работы в автономном режиме позволяет использовать их, как в обычном режиме, так и при пиковых режимах выработки электроэнергии.

На Нижнекамской ТЭЦ сооружены 3 турбины по 25 МВт ГТУ – 75, марки MS5001. Они введены в существующую схему ТЭЦ. Выдача электрической энергии осуществляется от турбогенераторов через единую сеть 110 кВ.

Также на Нижнекамской ТЭЦ предусмотрено строительство ПГУ – 280 МВт на основе ГТУ V64.3A единичной мощностью 70 МВт. Установка рассчитана на тяжелые режимы работы, имеет высокий КПД и низкий уровень выбросов, полностью подходит для электростанций пиковой нагрузки.

Перспектива развития энергетики РТ 2011 – 2016 гг.: ПГУ – 120 МВт на Казанской ТЭЦ-1; 2-х блоков ПГУ – 450 МВт на Заинской ГРЭС; ПГУ – 165 МВт на Казанской ТЭЦ-3; 2-х ГТУ – 45 МВт на Урусинской ГРЭС. Запуск в эксплуатацию новых мощностей на базе ГТУ и ПГУ позволит увеличить выработку электроэнергии более чем в 2,2 раза, обеспечить покрытие пиковой нагрузки.

УДК 621.314

МОНТАЖ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО СЕВЕРА

С.В. ДМИТРИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Г. АППОЛОНОВА

Доклад посвящен технике монтажа силовых трансформаторов в условиях крайне негативных природных условиях, при труднодоступной местности. В докладе приведено описание назначения, устройства и работы

силовых трансформаторов. Приведен опыт подобных работ различных стран.

В первой части доклада я провожу сравнительно-исследовательские изыскания. Базируюсь на опыте передовых технологий соседних стран, привожу подходящие нам возможности для использования в суровых климатических условиях Севера. Также в приложении привожу сравнение различий между отечественными технологиями и соседних стран находящихся в подобных климатических условиях.

Во второй части я привожу новые методы доставки силовых трансформаторов в труднодоступные места. Актуальность данной темы подтверждается необходимостью развития инфраструктуры Дальнего Востока, невозможные без развития энергетики.

В заключении я привожу выводы о необходимости изменения существующей структуры Севера.

УДК 620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

А.Ю. ЕЛШИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.А. ФЕДОТОВ

Сейчас в России остро стоит вопрос уменьшения количества потребляемой энергии. Почему? И как повысить эффективность энергосбережения? Россия – одна из самых расточительных стран в мире. Перспективы энергосбережения в нашей стране огромны, нужно только рационально использовать энергоресурсы. Так называемые «утечки» и «издержки», происходят и в секторе ЖКХ, и в промышленности (основная причина – износ оборудования), и даже в топливно-энергетическом комплексе (к.п.д. установок – низкий). Издержки промышленных предприятий составляют 9-12 %, и цифры эти непрерывно растут. Также большие потери энергии возникают при транспортировке. Системы электроснабжения промышленных предприятий работают с недогрузкой. Это вызывает снижение коэффициента мощности в системе электроснабжения, увеличение доли потерь в трансформаторах, электрических машинах и аппаратах. Энергосбережение промышленных предприятий одновременно предусматривает вопросы экономии финансовых средств. Энергосбережение промышленных предприятий нельзя рассматривать без мероприятий, направленных на сокращение энергопотребления системами отопления, вентиляции и кондицио-

нирования воздуха. Структура энергосбережения складывается из работ, связанных с проведением энергетических обследований, учета энергетических ресурсов, разработки мероприятий и энергосберегающих программ по следующим направлениям: электроснабжение и электропотребление; теплоснабжение и теплопотребление; вентиляция и кондиционирование воздуха; холодоснабжение; водоснабжение и канализация. Ресурсо- и энергосбережение – проблема многогранная и весьма насущная. Для России она более чем актуальна, ибо энергоресурсы являются одним из основных источников жизнеобеспечения нашего государства. Выходом из создавшейся ситуации может быть проведение целенаправленной государственной энергосберегающей политики, сущность которой сводится к устойчивому обеспечению населения и экономики страны энергоносителями, повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, обеспечению энергетической безопасности нашего государства.

УДК 621.314

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОСЕТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СССР

Н.Г. ЕФИМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. МУХАМЕТЖАНОВ

Доклад посвящен вопросам энергетических сетей на постсоветском пространстве. В нашей стране решениями задач развития занимается Федеральная сетевая компания. Сейчас эта компания активно проводит качественную модернизацию Единой национальной электрической сети (ЕНЭС). А «умные сети» являются в данном случае как раз-таки краеугольным камнем всей этой масштабной реорганизации и «омоложения» отечественной энергетики. Они позволяют упростить и улучшить взаимоотношения между производителями электроэнергии, сетевыми компаниями и потребителями. Поэтому без сравнения с передовыми странами и использование их опыта модернизации советских сетей не возможно быстрая реализация программы развития.

В докладе приведена история становления энергетических сетей, дан обзор общего уровня развития энергетических сетей по состоянию на середину 2012 г. В докладе даны технические характеристики элементной базы, приводятся основные характеристики, методики работы оперативного персонала. Рассмотрены различия сетей разных стран как в работе опе-

ративного персонала так и в методах использования оборудования. Сравнены начальный этап и этап, который есть на момент середины 2012 г., сделаны соответствующие выводы.

Часть доклада посвящается вопросам реформирования и инновациях в отрасли. Опираясь на путь развития многих стран, находящихся на европейской территории, я сделал вывод о состоянии отрасли в стране. Большая часть доклада посвящена современным проблемам и путям решений данных проблем в наших энергосетях и для сравнения в зарубежных. Рассмотрен как пример уже имеющийся и существующий проект подземной подстанции и тестового модуля, презентуемый в рамках «Умных сетей». Это довольно перспективный проект по электроснабжению городов. В частности, новые подстанции (в новых районах или на месте старых подстанций) можно будет размещать под землей: под большими нежилыми зданиями, парками, эстакадами и другими крупными объектами.

УДК 621.311

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПТИМИЗАЦИИ И КООРДИНАЦИИ УРОВНЕЙ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Д.А. ЗАГРЕБЕЛЬНАЯ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. О.Г. ГУБАЕВА

Вопрос оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания являются одним из важнейших на современном этапе развития энергетики. Решение этого вопроса играет значительную роль, как при проектировании, так и при эксплуатации электрических установок. Ограничение токов короткого замыкания на электрических станциях и подстанциях приводит к значительной экономии капиталовложения и увеличивает их надежность на всем этапе производства электрической энергии.

Одними из самых распространенных методов ограничения токов короткого замыкания в наше время являются такие как; деление сети, токоограничивающие реакторы, различные схемы включения БТУ, токоограничивающие устройства трансформаторного и резонансного типа. Каждый из вышеперечисленных методов имеет свои достоинства и недостатки, но является эффективным в своей сфере.

К сравнению достоинств и недостатков уже предложенных ранее вариантов хотелось бы включить несколько новых разработок одной из самых быстро развивающихся стран Европы, и рассказать о современных ме-

тодах и средствах ограничения, измерения токов короткого замыкания в Германии, таких как модульно сконструированный токовый аккумулятор буферизации, предназначенный для перехватывания колебания тока за миллисекунду прямо в сети до того, как они попадут на распределительное устройство ЭС и прибор компании DEHN. Это контроллер динамики круговорота тока при системном напряжении до 1500 ВМҮРVSCI 1500. Он интегрирует контроль термодинамики и является дополнительной системой выравнивания тока, для того чтобы при перегрузке отвода обеспечить перемену защитных модулей без электрической дуги.

УДК 621.315.21

АНАЛИЗ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ СПЭ

Е.Н. ЗОРИН, НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. В.М. БУЛАТОВА

В настоящее время нормальная работа систем электроснабжения невозможна без надежной работы силовых кабельных линий (КЛ) низкого и среднего классов напряжения.

С начала 70-х гг. прошлого века кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена активно заменяют кабели с бумажно-масляной изоляцией. Низкие величины относительной диэлектрической проницаемости, большой запас термической стойкости стали главной причиной, заставившей выбрать сшитый полиэтилен, как изоляционный материал для кабелей среднего и высокого напряжения.

Для обеспечения надежной работы силовых КЛ в настоящее время в России применяется система планово-профилактических испытаний, при которой кабели периодически подвергаются испытаниям постоянным напряжением достаточно высокого уровня (в 4-6 раз превышающим номинальное напряжение КЛ) с измерением токов утечки. Однако практика показывает, что планово-профилактические испытания повышенным постоянным напряжением даже в случае их успешности не только не гарантируют безаварийную последующую работу КЛ, но и во многих случаях приводят к сокращению срока службы КЛ. Особенно опасны такие испытания для КЛ с длительными сроками эксплуатации или с сильно составленной изоляцией. Кроме того, испытания повышенным постоянным напряжением силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-

кабели), которые находят все более широкое применение в России, не только практически бесполезны, так как сшитый полиэтилен обладает высокой электрической прочностью и малыми токами утечки, но и оказывают негативное воздействие на полиэтиленовую изоляцию. Применительно к силовым кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена гораздо более эффективным и экономичным является щадящий метод испытаний напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц, которое по величине не превышает более чем в 3 раза номинальное напряжение КЛ. Испытания при очень низких частотах со сменой полярности позволяют выявлять дефекты в изоляции без формирования объемных зарядов в структуре полиэтиленовой изоляции, что приводит к резкому уменьшению ресурса такого кабеля, в отличие от того, как это происходит при приложении постоянного напряжения. Поэтому за рубежом кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена испытываются исключительно напряжением сверхнизкой частоты.

УДК 621.311.21

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

С.А. ИСАЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.А. ФЕДОТОВ

В условиях рыночной экономики подвод электроэнергии от энергосистемы (установка и монтаж трансформаторов, распределительных сетей, средств защиты и т.д.) оплачивает потребитель (поселок, дачный кооператив, фермерское хозяйство и т.д.). Стоимость 1 км линии электропередач (ЛЭП) в зависимости от условий прокладки трассы сегодня составляет от 35000 до 540 000 руб., а само строительство требует проектно-сметной документации и занимает длительное время.

Поэтому в последние годы все чаще на дачных участках и в сельских населенных пунктах обращаются к автономным системам электроснабжения. Для индивидуальных жилых домов и небольших поселков автономные системы электроснабжения рекомендуется применять в следующих случаях:

- при отсутствии централизованного электроснабжения;
- при отсутствии возможности присоединения к централизованной системе электроснабжения;
- в качестве резервной системы электроснабжения.

Для автономного электроснабжения индивидуальных жилых домов, фермерских хозяйств и поселков, расположенных вблизи малых рек, прудов или водохранилищ (с водосбросом), можно использовать малые гидроэлектростанции мощностью до 100 кВт.

При использовании микроГЭС на равнинной местности необходимо сооружение плотины, обеспечивающей напор воды для работы турбины. Мощность в 1,5 кВт обеспечивается при расходе воды 56 л/с, напоре – 6 м.

Рекомендуется размещать микроГЭС с номинальным напряжением 400 В переменного тока частотой 50 Гц на расстоянии не более 1 км до жилого дома. В противном случае, понадобится трансформаторная подстанция напряжением 6-10/0,4 кВ.

Для систем электроснабжения, выполненных на базе микроГЭС, резервный источник электрической энергии может не предусматриваться, если стабильная эксплуатация микроГЭС обеспечивается в любое время года и не зависит от климатических факторов.

УДК 621.311.4

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДСТАНЦИИ «ЗАРЕЧНАЯ» 110/10 С РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ЗАЩИТНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПУНКТА

Е.В. КАРЧИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.А. ФЕДОТОВ

В современной электроэнергетике важной задачей является обеспечение высокой надежности электроснабжения и требуемого уровня показателей качества электроэнергии. Одним из вариантов является улучшение использования имеющегося электрооборудования, модернизировать устаревшее оборудование или обеспечить замену узлов.

Подстанция «Заречная» – один из самых ответственных узлов в системе электроснабжения города Йошкар-Ола. На ней установлено три силовых трансформатора суммарной мощностью $S = 82$ МВА. Но этой мощности хватает только для жилищно-бытового сектора и ряда крупных промышленных предприятий. В последнее время началось строительство новых промышленных объектов, поэтому требуется увеличение мощности подстанции. В связи с этим предусматривается замена коммутационных

аппаратов, трансформаторов 110/10 кВ. Появилась необходимость модернизации существующей релейной защиты, выполненной на электромеханических реле, не обеспечивающей необходимый уровень автоматизации.

Целью данной работы является обеспечение безотказной эксплуатации подстанции «Заречная» путем замены морально устаревшего и изношенного оборудования на новое.

УДК 621.31

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

И.И. КАШАПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ш. ГАРИФЬЯНОВ

Энергетическое обследование представляет собой сбор и обработку информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте, что является актуальной и выгодной процедурой, как для крупных промышленных предприятий, так и для отдельных административных зданий. Промышленные предприятия вызывают особый интерес в энергетическом обследовании.

Нами была проведена работа по обследованию нескольких крупных промышленных предприятий Татарстана. Были рассмотрены объемы производства продукции, характеристики систем энергоснабжения и воды, проанализированы режимы работы электрооборудования, воздушных и кабельных линий 6 кВ, трансформаторов, находящихся на балансе предприятия. В ходе работы компании предложен ряд возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности, некоторые из которых представляют собой новизну на рынке энергосбережения и энергоэффективности. Например, Инновационный световой энергосберегающий блок (СЭБ) «Эконом», разработанный ООО «Научно-производственное предприятие Эконом» в Татарстане, позволяющий сократить энергопотребление трубчатых люминесцентных ламп в 2 раза и исключаящий раздражение нервной системы человека.

УДК 621.316

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ

О.В. КОЗИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. С.А. ЗИМНЯКОВ

К современному электрооборудованию предъявляются высокие требования по надежности и безопасности его работы.

Система, реализующая мониторинг состояния изоляции, должна осуществлять измерение параметров изоляции в режимах эксплуатации (под рабочим напряжением), сравнение измеренных параметров с их эталонными значениями, определение тенденции изменения состояния изоляции, сигнализацию о возможном выходе изоляции из строя.

Необходимость непрерывного контроля состояния изоляции обусловлена тем, что как бы ни были тщательно проведены периодические эксплуатационные измерения изоляции и ремонт электроустановки в течение периода времени между двумя очередными эксплуатационными испытаниями, изоляция может оказаться в аварийном состоянии. Кроме того, специфика некоторых производств не допускает остановку технологического процесса для проведения проверок.

В этих условиях вопросы повышения надежности функционирования электрооборудования становятся очень актуальными тем более, что при проектировании подстанций нового поколения необходимо значительно уменьшить объем эксплуатационного и ремонтного обслуживания с переходом в перспективе к работе без постоянного обслуживающего персонала, к планированию и проведению ремонтов по фактическому состоянию электрооборудования.

Наличие автоматизированной системы мониторинга изоляции электрооборудования подстанции усиливает структурную и функциональную надежность электросетевого объекта и энергосистемы в целом.

УДК 621.311

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

Т.Р. КОНДРАТЬЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Е.А. МИРОНОВА;

начальник СИЗП, КЭС А.В. ШИРОКОВ

Перенапряжения существенно зависят от способа заземления нейтрали сети. Сети напряжением 6-35 кВ, как правило, эксплуатируются либо при изолированной нейтрали сети, либо при заземлении нейтрали через дугогасящий реактор (ДГР). В последнее время находят достаточно широкое применение и сети с резистивным заземлением нейтрали.

Возникновение перенапряжений при однофазных дуговых замыканиях на землю в случае изолированной нейтрали возникает за счет повторных зажиганий дуги, сопровождающихся повышением напряжения на изолированной нейтрали сети. В случае заземления нейтрали через ДГР напряжение на нейтрали носит колебательный характер, и при степени компенсации емкостного тока в сети близком к 1, обеспечивается приемлемый уровень перенапряжения на изоляции оборудования относительно земли. Оснащение же нейтрали сети резистором не приводит к возникновению перенапряжений за счет разряда емкости сети через резистор после погасания дуги, а также исключает возможность возникновения опасных феррорезонансных явлений.

Лучшим вариантом компенсации емкостных токов является применение плунжерных ДГР с автоматической настройкой в резонанс, включенных параллельно к высоковольтному резистору. Тогда при дуговых замыканиях на землю будут проявляться все положительные стороны резонансной настройки компенсации емкостных токов: снижение перенапряжений до безопасных для изоляции значений $2,2-2,4 U_{\phi}$; надежное гашение заземляющей дуги; снижение скорости восстановления напряжения на поврежденной фазе.

УДК 621.315.2

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ

П.Ф. КУЗНЕЦОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. А.Н. ТУРАНОВ

В процессе эксплуатации трансформаторов залитые в них масла претерпевают глубокие изменения, которые обычно называют старением. Вследствие этого снижается электрическая прочность трансформаторного масла, происходит накопление осадка на активных элементах трансформатора (обмотках, магнитопроводе), что затрудняет отвод от них теплоты, ускоряется старение целлюлозной изоляции и ухудшаются ее электроизоляционные свойства.

В настоящее время многие силовые масляные трансформаторы в России эксплуатируются сверх своего срока службы. Это приводит к чрезмерному старению трансформаторного масла, и, как следствие, всё острее встают проблемы влияния металлических примесей, находящихся в нём. Подавляющее большинство этих примесей – это медь, железо и их соединения. Так как ионы этих металлов являются парамагнетиками, то наиболее эффективным способом их обнаружения является спектроскопия, основанная на явлении электронного парамагнитного резонанса.

В данной работе записаны, проанализированы и сравнены ЭПР-спектры свежего, отработанного и состаренного в модельных условиях трансформаторного масла марки ГК в X-диапазоне частот при $T = 100$ и $4,5$ К. В спектрах ЭПР изученных объектов обнаружены сигналы от ионов Cu^{2+} в окружении атомов серы, Er^{3+} , Yb^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} и Fe^{+} в окружении кислорода, а также Tl^{3+} в окружении серы. Все полученные результаты подтвердили высокий потенциал применения ЭПР-спектроскопии для анализа трансформаторного масла и контроля процессов, происходящих при его деградации.

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Е.Н. КУЗНЕЦОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В современных условиях рыночной экономики большое значение приобретают финансовые последствия недостаточно надежного снабжения

потребителей. В работе рассматриваются надежность и живучесть собственных нужд теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Кроме основных агрегатов, ТЭЦ оснащены большим числом механизмов, обслуживающих или автоматизирующих работу основных агрегатов и вспомогательных устройств станции, которые принято называть установкой собственных нужд (СН). В результате нарушения электроснабжения СН ТЭЦ может возникнуть недоотпуск электрической и тепловой энергии городским потребителям.

Электрические сети 0,4 кВ занимают видное место в системах электроснабжения СН ТЭЦ. Практически вся электроэнергия распределяется и доводится непосредственно до потребителя через низковольтные аппараты. Они являются важнейшей составной частью всех электрифицированных объектов промышленности и оказывают на работу предприятий заметное влияние, поэтому возрастает необходимость в информации о функциональных характеристиках низковольтных сетей.

Для решения этих вопросов разрабатывается программно-аналитический комплекс, включающий в себя базы справочных данных по электрооборудованию, установленному на ТЭЦ, редактор схем электрических соединений всех уровней напряжения, позволяющий набирать электрические схемы, что необходимо для прикладных расчетных программ.

УДК 621.314

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.Ю. МАШУНИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Е.А. МИРОНОВА

Анализ основных тенденций в проектировании трансформаторного оборудования показывает, что при разработке трансформаторов массовых серий основной задачей является снижения затрат на производство и эксплуатацию трансформаторов. При проектировании ставятся задачи снижения расхода активных и конструкционных материалов, повышения надежности в реальных условиях эксплуатации и ремонтпригодности трансформаторов.

Решение этих задач осуществляется многими способами, но несомненно одним из активных эффективных и актуальных решений является использования при разработке конструкций трансформаторов энергосбере-

гающих технологий, например, использования новых электроизоляционных материалов. При эксплуатации в условиях закрытых помещений – встроенных подстанций, трансформаторы с литой изоляцией типа NOMEX, будут вытеснять масляные аналоги. На открытом воздухе, альтернативы масляным трансформатором пока нет, исключая элегазовые конструкции. Элегаз гораздо эффективнее в качестве диэлектрика, чем азот или воздух, кроме того не горюч и инертен. Все эти достоинства открывают большие перспективы использования элегаза при разработке конструкций силовых трансформаторов.

Следующим направлением в развитии производства силовых трансформаторов станет уменьшение потерь при преобразовании электроэнергии. Здесь присутствует широчайший выбор решений – от создания баковых плавных форм для улучшения циркуляции в них масла, до внедрения аморфной стали при производстве сердечника трансформатора.

Так же перспективным направлением в разработке трансформаторов нового поколения является использование высокотемпературных сверхпроводниковых материалов с малыми потерями при большой плотности тока.

УДК 621.311.014

СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВОГО МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.Г. МИГРАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ш. ГАРИФУЛЛИН

Срок службы более 50 % всех силовых трансформаторов значительно превышает заложенный ресурс. Для предотвращения аварийных ситуаций необходим постоянный мониторинг и плановая диагностика силовых трансформаторов. Для диагностики в настоящее время используются РД 34.45-51.300-97, которые были разработаны для эксплуатации в рамках заложенного ресурса. С учетом изменившихся реалий возникает необходимость в корректировке существующих нормативных документов.

Для диагностики трансформаторов, отработавших заложенный ресурс, можно использовать как учащенный контроль, так и непрерывную

диагностику в режиме online. Кроме того, необходимо вносить изменения в указанные выше РД.

Перспективным представляется использование экспертных систем диагностики, таких как «Диагностика+», «Альбатрос» и др. Каждая из них основана на использовании определенного вида диагностических критериев. Таким образом, важной проблемой становится выбор оптимального набора таких критериев. Используя соответствующие датчики, можно организовать получение и своевременную обработку наиболее важных эксплуатационных параметров. В работе проведен анализ и сделана попытка сформировать оптимальный набор диагностических критериев.

УДК 621.311

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА АВАРИЙНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

К.А. МУСТАФИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. главный эксперт ОТК А.Н. АКМАЕВ

С образованием отдельных друг от друга субъектов электроэнергетики возникла потребность в оценке надёжности электроэнергетической системы. При эксплуатации электросетевых, генерирующих объектов значительная доля аварий происходит по причинам опасных внешних воздействий природного и техногенного характера: сильного ветра, повышенных гололёдных отложений, наводнения и т.д. Управляющее воздействие на снижение аварийности принимается по результатам ретроспективного анализа статистических данных о числе, месте, причинах и последствиях аварий за время наблюдения. Для этого статистическая информация по аварийности должна удовлетворять определённым требованиям. Во-первых, она должна быть достоверной (неискаженной) и полной. Во-вторых, полному учёту подлежат не только аварии, но и более лёгкие по последствиям аварии.

Целью настоящей работы является разработка методов анализа аварийности в ЭЭС, позволяющих предложить инженерные методики расчёта показателей аварийности и рекомендовать предупредительные меры по снижению тяжести последствий от аварий. При выполнении работы должны решаться следующие основные задачи: исследование системных характеристик ЭЭС, подлежащих учёту при наличии аварийности, классификация причин аварий и возможных последствий от них, разработка критериев аварий в ЭЭС; исследование методов анализа и прогноза аварийности в ЭЭС, разработка интегральных показателей аварийности ЭЭС и методов их оценки.

Научную новизну составляют: обобщение характеристик сложной ЭЭС, подлежащих рассмотрению при разработке показателей и методов анализа аварийности в системе, выявление годичных циклов аварийности в энергосистемах и многолетних циклов тяжелых аварий на воздушных линиях электропередачи, на тепловых электростанциях.

УДК 621.313.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫМ СПЕКТРАЛЬНЫМ ПРИБОРОМ КООРДИНАТ ЦВЕТНОСТИ БУМАЖНО-МАСЛЯНОЙ И МАСЛЯНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

И.И. НАСЫРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. КОЗЛОВ

В настоящее время трансформаторы нуждаются в тщательной диагностике из-за превышения сроков эксплуатации. Одним из шагов диагностики является поддержание определенного качества масла, которое является основной изолирующей средой в трансформаторе. Масло, являясь жидким диэлектриком, проникает во все полости между обмотками и другими конструктивными частями, а также играет роль теплообменника. В условиях переменных нагрузок, а порой и небольших перегрузок, масло нагревается, охлаждается, гасит частичные разряды, происходящие между силовыми обмотками. Это, конечно же, не является положительным фактором, влияющим на состояние масла, а, соответственно, и бумажно-масляной изоляции, как нам известно, пропитанной тем же самым маслом.

Качество масла в баке можно проверить различными способами, например, отбором масла через определенные промежутки времени. Но данный метод является ненадежным вследствие большого времени между отборами. Масло за промежуток времени между отборами может ухудшить свои показатели, что может привести к аварии и отключению потребителей, а также необходимости капитального ремонта трансформаторного оборудования. Метод измерения координат цветности масла позволяет избежать недостатка данных в промежутки времени между измерениями благодаря непрерывному измерению. Координаты цветности масла несут информацию о степени полимеризации масла, которая в свою очередь оказывает влияние на изоляционные и теплопроводящие свойства масла.

После внедрения данной системы информация о состоянии бумажно-масляной и масляной изоляции трансформатора в режиме реального времени будет поступать на пульт диспетчера. Это позволит вовремя принять необходимые меры для предотвращения аварийных ситуаций.

УДК 621.3.012.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕКТОРНОЙ ДИАГРАММЫ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ

С.И. НОВИКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Длительное существование ОЗЗ в сети нередко служит причиной развития повреждения с последующим переходом в аварийное, которое требует немедленного отключения.

Цель работы – определение зависимости параметров векторной диаграммы фазных напряжений от аварийных параметров в месте повреждения, что может быть важно при поиске места повреждения. Для решения поставленной цели были исследованы реальные осциллограммы ОЗЗ. Длительность осциллограмм составляет 1 секунду. Для анализа было взято самоустранившееся ОЗЗ, для которого можно выделить до аварийный, аварийный и после аварийный режим. С помощью прямого Фурье преобразования из каждой осциллограммы фазного напряжения была выделена первая гармоника (50 Гц), амплитуда и фаза которой изменялась во время ОЗЗ синхронно с изменением аварийных параметров (переходное сопротивление дугового разряда) в месте повреждения. Векторная диаграмма фазных напряжений изображена в виде траектории перемещения конца векторов в зависимости от времени. Анализ рисунка векторной диаграммы указывает на резкое увеличение напряжения U_0 в начале аварии, что соответствует уменьшению сопротивления изоляции, и ее плавному восстановлению к доаварийному значению. ОЗЗ происходило на воздушном фидере, что объясняет изменение сопротивления изоляции сгоранием веток деревьев, коснувшихся фазного провода.

Было рассчитано переходное сопротивление в месте ОЗЗ и показано изменение его во времени. Также анализируя аргумент переходного сопротивления можно судить о его характере. Если значение аргумента равно нулю, то переходное сопротивление имеет только активную составляющую, это говорит о наличии дуги. По осциллограммам напряжения и тока нулевой последовательности была определена емкость фазы.

Таким образом, анализ изменения напряжения и тока нулевой последовательности позволяет оценить величину переходного сопротивления и емкости фаз относительно земли во время ОЗЗ.

УДК 621.311.04

МОЛНИЕЗАЩИТА ПОДСТАНЦИЙ И ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

П.К. НТСИЛУЛУ, КГЭУ, г. Казань.

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

В настоящее время количество потребителей постоянно растет, и растут требования к электроэнергии, все это требует более надежного электроснабжения. Молниезащита электроустановок должна быть более надежной, что позволит предотвратить значительное число аварийных отключений электропитания потребителей.

Аварийное отключение подстанции высокого напряжения приводит к большому ущербу, так как от подстанции отходит целый ряд линий, питающих большое число потребителей. Кроме того, время необходимое для ликвидации аварий на подстанции, особенно при повреждении внутренней изоляции аппаратов, может быть весьма значительным. Поэтому к молниезащите подстанций предъявляются значительно более жесткие требования, чем к молниезащите линий электропередачи и других объектов, и, хотя подстанции имеют небольшие размеры и удары в них довольно редки, необходима гарантированная защита всей территории подстанции от прямых ударов молнии.

Молниезащита подстанций включает в себя две задачи: 1) защиту открытого распределительного устройства (ОРУ) от прямых ударов молнии; 2) защиту электрооборудования от импульсов грозовых перенапряжений, набегających с воздушных линий.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SMARTGRID

Н.В. НУРИДДИНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Моделирование электроэнергетических систем – основополагающая проблема, решение которой необходимо для надежной эксплуатации, проектирования и развития электроэнергетических систем. Наиболее перспективным является гибридное моделирование, которое обеспечивает необходимую степень адекватности моделирования в условиях стабильного раз-

вития электроэнергетических систем, в том числе при внедрении активно-адаптивных сетей (Smart Grid). Внедрение технологий Smart Grid приведет к серьезному изменению функциональности в сфере генерации, передачи, распределения, потребления электроэнергии вследствие изменения существующих и появления новых технических свойств. Smart Grid позволяет «умным» потребителям обоснованно управлять использованием и генерацией энергии. «Умные» сети дают клиентам возможность не только повышать свою энергоэффективность, но и впоследствии снижать стоимость и объем энергопотребления, сокращать выбросы углекислого газа, а также внедрять различные интеллектуальные технологии. Таким образом, предполагается объединение на технологическом уровне электрических сетей, потребителей и производителей электроэнергии в единую автоматизированную систему. Система с активно-адаптивной сетью будет обладать новыми свойствами – самодиагностикой и самовосстановлением (например, в случае обледенения проводов). В автоматическом режиме она способна выявить самые «слабые» участки сети и изменять ее работу для предотвращения возникновения технологических нарушений. «Умные» электрические сети позволят резервировать мощности на случай нештатных ситуаций в энергосистеме, а также накапливать избыток электроэнергии, используя его в часы пиковых нагрузок. Целью данной работы является моделирование энергетической системы с внедрением технологии Smart Grid. Моделирование системы производится с помощью программного обеспечения RastWin. В данной работе рассматривается управление секционным выключателем на шинах подстанции при изменении нагрузки. Работа включает в себя анализ всех классов напряжения и выявления оптимального напряжения для применения данной методики. Данный метод позволит распределять и контролировать нагрузку в режиме реального времени и обеспечит бесперебойное электроснабжение потребителей.

УДК 621.438

ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ

Э.Р. НУРИСЛАМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Е.А. МИРОНОВА

Целью проведения научных исследований был анализ ГТУ в России. Также в работе смоделировано: «Определение выбросов вредных веществ с выходными газами энергетических ГТУ». ГТУ было введено в электроэнергетику для покрытия пиковых нагрузок в энергосистемах. Применение

ГТУ в качестве силового оборудования для мощных ТЭС и мини-ТЭЦ экономично, так как электростанции, работающие на газовом топливе, имеют наиболее привлекательную для потребителя удельную стоимость строительства и низкие затраты при последующей эксплуатации. Содержание вредных выбросов у ГТУ минимально это позволяет без проблем размещать ГТУ в непосредственной близости от местонахождения людей.

Сейчас одним из наиболее крупных поставщиков для электроэнергетики является фирма Siemens, которая работает в содружестве с ЛМЗ в области поставки ПГУ большой мощности для России и стран СНГ.

Ниже приведены примеры ГТУ созданные для покрытия пиковых нагрузок в наиболее крупных энергетических городах, республиках России.

В Республике Башкортостан на данное время построены и эксплуатируются в котельных пять ГТУ уфимского и пермского производства. А также одна из самых крупных в России газопоршневая Зауральская ТЭЦ в составе 10 ГПА фирмы Йенбахер.

С 1999 г. на Безымянской ТЭЦ (г. Самара) находится в опытно-промышленной эксплуатации ПГУ с ГТУ НК-37. На Казанской ТЭЦ-1 были введены в эксплуатацию два блока ГТУ с приводом НК-37. В Перми начаты серийный выпуск и поставка 4-мегаваттной установки. Созданы ГТУ-ТЭЦ в 1,25 МВт в Санкт-Петербурге, 2,5 МВт – в Рыбинске, 10 МВт – в Уфе. Уже реализована станция в 20 МВт, созданная московской фирмой «Энергоавиа».

На российском рынке сегодня представлены компании наиболее крупные производители и поставщики ГТУ: Alstom (Альстом), General Electric (Дженерал Электрик), Kawasaki (Кавасаки), Mitsubishi Heavy Industries, (Митсубиши Хэви Индастриз), Rolls-Royce (Роллс-Ройс), SIEMENS (Сименс), Solar Turbines (Солар Турбайнз), Turbomach (Турбомах), газовые микротурбинные электростанции / установки Calnetix.

УДК 621.311

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СЕТЯХ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ. СОВРЕМЕННОЕ ОТНОШЕНИЕ К ПРОБЛЕМЕ

А.О. ПИКТОРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. МУХАМЕТЖАНОВ

Доклад посвящен актуальной в современной энергетике проблеме – снижению надежности рабочих режимов энергосети в связи с возникнове-

нием в них нежелательных процессов, приводящих к ухудшению множества факторов. В докладе приводится сравнение влияния различных переходных процессов на устойчивость работы системы, сделан обзор наиболее распространенных причин, приводящих к нарушению работоспособности систем, описываются наиболее уязвимые места в современных системах и пути их защиты на базе имеющегося у нас опыта работы.

В первой части доклада обсуждаются проблемы эксплуатации существующих систем. Затрагиваются как технический, так и организационно-методический аспект обеспечения бесперебойной работы системы. Особое внимание уделено человеческому фактору. Разработки новых методических (морально не устаревших) инструкций для персонала с целью снижения влияния человеческого фактора на производстве. Также проведен обзор травматизма, связанного с переходными процессами, и способы его снижения.

Вторая часть доклада посвящена обзору технологий, только внедряющихся в отрасль. Обсуждаются как актуальные вопросы сегодняшнего дня, так и темы, актуальность которых ярко обозначится в ближайшем будущем. Найдя решения этих актуальных вопросов уже сегодня, можно будет снизить аварийность, износ и прочие проблемы, связанные с возникновением переходных процессов. Решение этих вопросов возможно с учетом опыта более развитых стран и способов решения этой проблемы там, что также указывается в моем докладе.

В заключение я выношу выводы по прогнозу развития защиты и снижения аварийности вследствие переходных процессов в нашей стране.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Д.И. РЯБУХИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. МУРАТАЕВ

Интеллектуальная сеть представляет собой распределительную сеть, которая сочетает комплексные инструменты контроля и мониторинга, информационные технологии и средства коммуникации, обеспечивающие значительно более высокую ее производительность и позволяющие генерирующим, сбытовым и коммунальным компаниям предоставлять населению энергию более высокого качества.

Построение интеллектуальной сети должно стать стратегическим курсом развития распределительного электросетевого комплекса, подразумевающим четыре основных сегмента совершенствования:

- силового оборудования и технологии передачи и распределения электроэнергии;
- технологического управления;
- специализированных коммуникационных и информационных устройств;
- автоматизированных систем учета и управления электропотреблением.

Объединенные в единую платформу, эти технологии позволяют по новому подходить к построению электрических сетей, переходя от жесткой структуры «генерация – сети – потребитель» к более гибкой, в которой каждый узел сети может являться активным элементом. При этом интеллектуальная сеть в автоматическом режиме производит переконфигурацию при изменении условий.

Подводя итоги, можно сказать, что применение интеллектуальных сетей в России перспективно и востребовано. «Интеллектуальные сети» – это закономерный этап развития социально-экономических отношений, воплощённый в технологическую концепцию. И Россия, будучи полноправным членом мирового сообщества, ни в коем случае не должна его игнорировать, целенаправленно двигаясь вперёд совместно с ведущими мировыми державами.

УДК 662.9

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

В.Д. САНДАКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Эксплуатация тепловых электростанций сопровождается огромным выбросом в атмосферу России токсичных газов: 40 % поступлений диоксида серы и 25 % поступлений оксида азота. Снижение токсичности экологически вредных газовых выбросов в энергетике до допустимой концентрации представляет собой актуальную и сложную научно-техническую задачу.

Из традиционных методов очистки газов от вредных газообразных примесей применение находят такие методы конверсии, как метод, основанный на применении ускоренных электронных пучков, и метод, бази-

рующийся на применении импульсной стримерной короны. Промышленное применение данных методов на ТЭС сопряжено с некоторыми трудностями: со сложностью обслуживания установки, потребляемой мощностью (десятки мегаватт), с созданием моноэнергетического пучка электронов. Решение данной проблемы возможно при использовании и разработке импульсных источников высокого напряжения, как емкостные накопители энергии.

Целью данной статьи является выбор метода конверсии, выбор источников высокого напряжения и определение параметров установки для эффективной очистки газовых выбросов.

Экономически выгодно использовать метод конверсии с применением импульсной короны, так как метод с применением электронных пучков требует затрат на реактор и электронные пушки, что влечет за собой еще ряд технических трудностей.

Для минимального потребления энергии от источника, последний должен обладать предельно коротким фронтом импульса напряжения; максимально возможной напряженностью электрического поля в промежутке; недопущением перехода стримерного разряда в искровой.

Решение данной проблемы с помощью применения емкостных накопителей энергии, как генератор Блюмляйна, является привлекательным и весьма перспективным.

В результате исследований по конверсии оксида углерода определены такие параметры как напряженность поля вблизи головки стримера составляющая $9,5 \text{ эВ}$ и удельная энергия за импульс составляющая $W_{\text{уд}} \approx 150 \text{ Дж/м}^3$, при частоте импульсов 17 кГц , длительностью 20 нс при энергетических показателях $E = 10 \text{ кВ/см}$ и $v = 2 \text{ мм/нс}$.

УДК 681.12

ВЫБОР КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОДСТАНЦИИ ТИПА 220/110/10 кВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ, г. ОБНИНСК

И.Э. САТТАРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Е.А. МИРОНОВА

Цель работы: анализ возможностей использования элегазового оборудования на подстанции типа 220/110/10 кВ Московской области,

г. Обнинск. В работе рассматривались характеристики выключателей различных типов и сделан их качественный анализ.

Проблема замены устаревших аппаратов стоит особенно остро. Одна из основных задач – проектирование и обслуживание коммутационных аппаратов, повышение эксплуатационной надежности.

Подстанция 220/110/10 кВ является мощным коммутационным узлом энергетической системы в Московской области, на ВН 220 кВ отходят 4 воздушные линии в соседние регионы. РУ выполнены с двумя сборными шинами и поэтому к коммутационным аппаратам высокого напряжения предъявляются высокие требования надежности эксплуатации.

Элегазовые высоковольтные выключатели, чьи дугогасительные устройства работают в среде «электротехнического газа» SF₆, обладают эксплуатационными преимуществами и практически свободны от недостатков. На подстанции 220/110/10 кВ предполагается установка баковых элегазовых выключателей ВЭБ-220 г. Екатеринбург и HGF 1014 «AREVA» зарубежного производства, обладающие рядом преимуществ перед традиционными для российской энергосистемы выключателями. Данные выключатели имеют следующие характеристики: быстродействие и пригодность для работы в любом цикле АПВ, взрыво- и пожаробезопасность, пригодность для наружной и внутренней установки и т.д. Элегазовые выключатели новых конструкций обеспечивает экологическую безопасность и надежность эксплуатации.

Элегазовые выключатели установленные на подстанции 220/110/10 кВ имеют следующие характеристики: максимальное рабочее напряжение 252 кВ, частота 50 Гц, номинальный ток 1500 А, номинальный ток отключения короткого замыкания 40 кА, номинальное давление 6,8 бар, время работы мотора при номинальном напряжении 9,03 с.

УДК 621.315.2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ МЕТОДОМ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

А.М. СЕМЕНЕНКО, О.М. АЛЬ-АОМАРИ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.Е. УСАЧЕВ

Оценка состояния изоляции кабельных линий является основой для принятия решений по продолжению эксплуатации, ремонта или замены кабельных линий.

В докладе сообщается о методах контроля изоляции кабельных линий и результаты анализа повреждаемости кабелей северных РЭС филиала КЭС ОАО «Сетевая компания».

Анализ повреждаемости КЛ показывает, что основными причинами повреждений являются: механические повреждения 3 %; дефект монтажа – 19,4 %; коррозия металлических оболочек кабелей – 13,59 %; дефекты изготовления кабеля на заводе – 2,91 %; нарушения технологии прокладки кабеля – 1,94 %; старение изоляции – 50,49 %; перенапряжения – 9 %.

Одним из важных направлений по повышению надежности электрообеспечения и уменьшения количества аварийных ситуаций, а также для сокращения эксплуатационных затрат на проведение необоснованных ремонтов КЛ является применение современных методов диагностики силовых КЛ. Среди современных методов диагностики силовых кабельных линий, в настоящее время в практике применяется метод измерения и локализации частичных разрядов в силовых КЛ с использованием диагностической системы затухающих колебаний.

По результатам испытания кабеля можно не только оценить его состояние и найти дефектные места в его изоляции, но и пользуясь специально созданной базой данных протестированных кабелей сформировать план инвестиций и график проведения ремонтных работ кабельной инфраструктуры.

УДК 621.314

НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

Б.Ф. СИРАЗОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Нагрузочная способность трансформатора представляет собой ту максимальную нагрузку, которую трансформатор может нести регулярно в данных условиях эксплуатации без ущерба для своего естественного срока службы. Исходя из нагрузочной способности трансформатора, устанавливается допустимая для него перегрузка.

На определенной стадии расширения производств и предприятий, развития промышленных зон нередко возникают проблемы с подключением новых объектов и энергопотребителей к существующим электросетям из-за ограничения проектной мощности существующих подстанций и достижения пределов нагрузки понижающих трансформаторов.

Задача увеличения пропускной способности электрических подстанций традиционно решается путем их реконструкции с заменой трансформаторов на более мощные. Простая замена трансформаторов на более мощные не всегда приемлема, так как трансформаторы большей мощности имеют большие габаритные размеры и зачастую не вписываются в место установки старых трансформаторов. То есть, в этом случае необходима существенная реконструкция подстанции. Более экономичной альтернативой традиционным решениям в ряде случаев может быть модернизация трансформаторов с увеличением их нагрузочной способности.

Принципиально увеличение нагрузочной способности трансформатора при модернизации может быть достигнуто несколькими методами:

- полной заменой активной части на новую;
- увеличением плотности тока обмоток трансформатора при замене проводникового материала обмоточных проводов и отводов на материал с меньшим удельным сопротивлением;
- повышением эффективности работы системы охлаждения трансформатора для рассеивания возрастающих с ростом допустимых нагрузок суммарных потерь холостого хода и короткого замыкания.

В зависимости от состояния трансформатора, решаемых задач и имеющихся ограничений по согласованию с Заказчиком выбирается наиболее целесообразный метод или сочетание методов модернизации с повышением нагрузочной способности.

УДК 621.315.2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ДЕФЕКТОВ В ИЗОЛЯЦИИ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО МЕТОДУ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

А.Ю. СМЕХОВ, КГЭУ, г. Казань

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

канд. техн. наук, ст. преп. А.Ю. КУБАРЕВ

На сегодняшний день в России и в мире в целом высоковольтные кабельные линии занимают одно из главенствующих мест в энергетике. Практически все производители высоковольтной кабельной техники используют в качестве изоляционных материалов сшитый полиэтилен.

Одним из актуальных неразрушающих методов диагностики кабельных линий с данным видом изоляции является метод «частичных разрядов».

На основе этого метода в лабораторных условиях будут созданы образцы сшитого полиэтилена при различных условиях и на различные классы напряжений, характеристики которого будут полностью соответствовать изоляции завода изготовителя. Исследования образцов с различными искусственно созданными видами дефектов: газовая полость, влага, металлический заусенец и др., будет проводиться в условиях искусственного «старения» в специально созданных для этого условиях. Анализ и контроль состояния изоляции по методу частичных разрядов будет осуществляться с помощью собственного диагностического оборудования так же в лабораторных условиях. По изменению характеристик частичных разрядов можно будет говорить о типе дефекта.

На основе этой системы определения типа дефектов в изоляции кабельных линий в будущем возможна оценка остаточного ресурса изоляционных конструкций и срока службы кабельных линий.

УДК 620.9

ЭНЕРГОАУДИТ НА ПРЕДПРИЯТИИ

М.Р. СУЛТАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.М. ВАЛИУЛЛИНА

Энергетическое обследование (энергоаудит) – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

Перед началом работы по обследованию предприятия аудиторы должны получить общее представление о предприятии, разобраться в его структуре, ознакомиться с технологическими процессами и получить перечень основного оборудования, выявить наиболее вероятные места потерь энергоресурсов, оценить заинтересованность руководства объекта в проведении энергоаудита.

Этап проведения энергоаудита включает проведение инструментального и документального обследования предприятия.

Инструментальное обследование применяется для восполнения отсутствующей информации, которая необходима для оценки эффективности энергоиспользования, но не может быть получена из документов или в том случае, если имеющаяся информация вызывает сомнение.

Инструментальное обследование проводится с помощью стационарных и портативных приборов.

К стационарным приборам относятся приборы коммерческого учета энергоресурсов, контрольно-измерительная и авторегулирующая аппаратура, приборы климатического наблюдения.

К портативным приборам относятся расходомер, газоанализатор, тепловизор, анализатор качества электроэнергии, мультиметр с бесконтактным датчиком тока и др.

При инструментальном обследовании объект делится на отдельные системы и объекты, которые подлежат комплексному обследованию.

Анализ показателей энергоэффективности позволяет оценить потенциал энергосбережения и разработать перечень энергосберегающих мероприятий.

Разница фактического и расчетно-нормативного потребления энергии составляет основную величину резерва экономии энергоресурсов. Использование для покрытия энергетических нагрузок вторичных энергетических ресурсов увеличивает резерв экономии энергии.

УДК 621.311

ВЫБОР ОПН ДЛЯ ЛИНИЙ И ПОДСТАНЦИЙ 110-220 кВ

А.И. ТУХВЕТОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Г. АППОЛОНОВА

В стране осуществляется массовый переход к новейшим защитным аппаратам – ОПН, имеющим относительно лучшие электрические, а в ряде случаев – массогабаритные характеристики. С внедрением ОПН в некоторых сетях классов напряжения 110-220 кВ, впервые появляются активные аппаратные средства защиты от внутренних перенапряжений.

Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) на основе оксидно-цинковых варисторов около тридцати лет успешно эксплуатируются в энергосистемах.

Основным отличием ОПН от традиционных вентильных разрядников (РВ) является экстремально нелинейная вольтамперная характеристика (ВАХ) варисторов, что делает излишним применение в конструкции искровых промежутков, предназначенных для отделения рабочего элемента (резистора или варистора) от сети.

При выборе ОПН необходимо учитывать электрические и неэлектрические воздействия.

В процессе эксплуатации выявились результаты необоснованного выбора характеристик ОПН, которые привели к следующему:

а) выход из строя ОПН-110 кВ по причине феррорезонансных явлений, на которые установленные ОПН были не рассчитаны;

б) повреждение ОПН-110 кВ связанные с установкой на подстанции РВ и ОПН одновременно, вследствие чего ОПН были перегружены и их характеристики не отвечали реальным условиям;

в) повреждение ОПН-110 кВ из-за включения их к батарее конденсаторов, в то время как пропускная способность защитных аппаратов не была рассчитана.

Необоснованный выбор характеристик ОПН, отклонение от правил технической эксплуатации могут привести к повреждению самих защитных аппаратов, вызвать серьезные аварии в энергосистемах и электрических сетях промышленных предприятий.

УДК 620.1

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Р.Н. ТЮКАЕВ, КГЭУ, г. Казань

Научн. рук. канд. техн. наук, доц. Д.М. ВАЛИУЛЛИНА

В настоящее время все отчетливее проявляются различия между системами управления и контролем сложного энергетического оборудования, с одной стороны, и промышленными системами их диагностики, с другой стороны. Современные промышленные системы мониторинга и диагностики машин и энергетического оборудования основываются на базе неразрушающих методов контроля и технического диагностирования (ТД). При мониторинге оборудования появляется дополнительная информация о тенденциях различных изменений параметров во времени, которые могут использоваться для прогнозирования.

Техническое диагностирование позволяет изучать и устанавливать признаки неисправности оборудования, устанавливать методы и средства, при помощи которых дается заключение о наличии (отсутствии) дефектов. Целями ТД являются:

– контроль параметров функционирования, т.е. хода технологического процесса, с целью его оптимизации;

– контроль изменяющихся в процессе эксплуатации параметров технического состояния оборудования, сравнение их фактических значений с предельными значениями и определение необходимости проведения ремонта;

– прогнозирование ресурса (срока службы) оборудования, агрегатов и узлов с целью их замены или вывода в ремонт.

При контроле технического состояния энергетического оборудования применяются электронно-оптические приборы. Современные тепловизоры и тепловизионные системы, и системы контроля ультрафиолетового излучения дополняют друг друга и позволяют повысить вероятность обнаружения дефектов практически любого электрического оборудования на рабочем напряжении и под нагрузкой, что представляется весьма перспективным.

Оптические методы и аппаратура занимают особое место при контроле электроразрядных и тепловых процессов, благодаря дистанционности и оперативности процесса измерения, а также высокой информативной способности.

УДК 621.311.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИИ УСТРОЙСТВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Р.Р. ХАРИСОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Н. ХИЗБУЛЛИН

Произведены исследования и анализ диэлектрических характеристик основных современных изоляционных материалов – электротехнического картона и резины, трансформаторного и конденсаторного масла, а также стекла, фарфора, сшитого полиэтилена. Рассмотрены следующие диэлектрические параметры: тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$, диэлектрическая проницаемость ϵ , зависимость электрической прочности материала от изменения температуры.

Также выполнен сравнительный анализ диэлектрических характеристик сшитого полиэтилена и элегаза с традиционными изоляционными материалами, широко используемымися в современной электроэнергетике.

Исследования на лабораторной установке показали, что электрическая прочность, тангенс угла диэлектрических потерь изоляционных масел и резины сильно зависят от изменения рабочей температуры. Измерения

зависимости этих характеристик от изменения рабочей температуры для стекла и фарфора не выявили такой зависимости.

Результаты были получены на образцах для твердых диэлектриков диаметром 100 мм в соответствии с нормативными инструкциями по измерению диэлектрических характеристик. Данные по изоляционным маслам получены на установке АИМ-80.

Учет диэлектрических параметров различных диэлектриков необходим для создания более надежных электроизоляционных конструкций, обладающих большим сроком службы и высокой экономичностью.

УДК 620.9

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ НА КРЫШЕ ЗДАНИЙ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Н.Ф. ХАФИЗОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.Н. КОНСТАНТИНОВ

Любая деятельность человека, направленная на удовлетворение им своих потребностей, влечет за собой шлейф последствий – положительных и отрицательных. Не является исключением и развитие ветроэнергетики.

В связи с постоянными выбросами промышленных газов в атмосферу и другими факторами возрастает контраст температур на земной поверхности. Это является одним из основных факторов, который приводит к увеличению ветровой активности во многих регионах нашей планеты и, соответственно, актуальности строительства ветростанций.

Удачное место для размещения малошумных гирлянд в городской черте, – плоские крыши высоких домов. Во-первых, это гарантированное обдувание со всех сторон, а во-вторых, размещенные по периметру здания крайние гирлянды также могут выполнять декоративные и рекламные функции.

Ветроэнергетические установки с вертикальной осью вращения ветроротора (типа ротора Дарье) небольшой мощности весьма компактны, малошумные и могут быть размещены на крышах зданий.

В настоящее время наблюдается тенденция повышения технических показателей генераторов, используемых для ветроэнергетических установок, за счет использования постоянных магнитов на основе редкоземельных магнитов.

Можно сделать вывод о целесообразности применения постоянных магнитов в тихоходных электрогенераторах для ветроэнергетических установок. Таким образом, применение электрогенераторов с постоянными магнитами для ветроэнергетических установок дает возможность решить основную задачу – генерацию электроэнергии без использования редукторов. Однако электрогенератор с постоянными магнитами должен быть рационально спроектирован, чтобы иметь минимальную массу и стоимость.

В работе были проведены различные расчеты и измерения ветров на различных высотах, как в городе, так и в черте города.

В этой работе представлена краткая история развития ветроэнергетики; статистические данные; виды используемых ветроэнергетических установок и их описание; интересные факты и различные исследования.

УДК 621.311.23

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С.И. ЧЕБАРЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Сверхнормативный износ основного оборудования большинства электростанций и электрических сетей и большой дефицит электроэнергии во многих промышленных районах России приводит к существенному увеличению количества и длительности перерывов в электроснабжении от централизованных энергетических систем.

Необходимо отметить и тот факт, что во многих регионах России (по данным некоторых источников до 40 % территории страны) отсутствует централизованное тепло и электроснабжение от единой энергосистемы. В таких регионах широкое развитие и применение получила малая энергетика, охватывающая мощностной ряд энергетических объектов от 10 кВт до 30-50 МВт.

Как показала практика, основные объекты малой энергетики строятся на базе дизельных, газо-поршневых и газотурбинных электростанций. Такие объекты способны, при отсутствии связи с внешней энергосистемой, длительно обеспечивать электроснабжение и теплоснабжение объектов различного назначения в режиме автономной работы.

Среди наиболее существенных причин, побуждающих потребителей принять решение о строительстве собственных автономных теплоэлектростанций (АТЭС), можно выделить следующие: себестоимость тепловой и

электрической энергии от собственных АТЭС ниже, чем стоимость энергии от внешних источников; надежность электроснабжения от АТЭС значительно выше, чем от энергосистемы.

Основными направлениями развития малой энергетики на современном этапе развития экономики России являются следующие: создание источников энергии на базе газо-поршневых двигателей с электрическим к.п.д. $\approx 45-48\%$ и тепловым к.п.д. $\approx 48-50\%$; совершенствование оборудования для систем когенерации тепла с целью снижения их массогабаритных и стоимостных показателей, увеличения к.п.д. и улучшения других технических характеристик; создание АТЭС в блочно-модульном исполнении; максимальное внедрение источников электроэнергии на основе мини-ГЭС с целью использования энергии малых рек; совершенствование источников энергии на основе применения комбинированных установок по выработке энергии (ветро-дизельные установки и т.п.).

УДК 621.314

ОЧИСТКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ЦЕОЛИТАМИ

А.С. ШАКИРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Ш. ГАРИФУЛЛИН

В процессе эксплуатации в масле образуются различные продукты, снижающие его эксплуатационные характеристики и подлежащие удалению. Для удаления продуктов старения масла на работающем оборудовании устанавливаются специальные устройства. Среди этих устройств наиболее распространение получили термосифонные фильтры и адсорберы. Принцип действия этих устройств основан на поглощении влаги и продуктов старения масел поверхностно-активными веществами-сорбентами.

Наибольшая эффективность очистки масла в эксплуатации достигается при комбинированном использовании в термосифонных и адсорбционных фильтрах мелко- и крупнопористых сорбентов. Фильтры заполняются таким образом, чтобы масло сначала проходило мелкопористый сорбент, а затем – через крупнопористый. Количество мелкопористого сорбента составляет обычно треть общего объема фильтра, а общее количество сорбента зависит от общего количества масла в аппарате и составляет 0,8-1,25 % массы залитого масла. Использование комбинированного заполнения позволяет удалять из масла практически все продукты его старения, включая и влагу. По техническим условиям (предельно допустимым)

предъявляемые трансформаторным маслом: содержание растворимого шлама не более 0,005 %; влагосодержание не более 25 г/т; кислотное число, мг КОН/г масла – не более 0,25.

Одним из распространенных методов очистки трансформаторного масла, является цеолитовые установки. Объем цеолита пронизан каналами, диаметром входных отверстий которых составляет 0,2-1,5 нм, что совпадает с размерами молекулы воды.

В настоящее время существуют несколько марок цеолитов, например NaA, NaX, CaA и др. Например, в ходе лабораторных проверок было установлено, что цеолиты типа NaX обладают несколько большей адсорбционной способностью по отношению к кислым продуктам старения трансформаторного масла.

В разных территориальных условиях состав продуктов старения масла отличаются и для обеспечения наиболее эффективной очистки нужно правильно подобрать комбинирование марок цеолитов.

УДК 621.315.6

ЗАВИСИМОСТЬ КООРДИНАТ ЦВЕТНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ОТ ПРОБИВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, КИСЛОТНОГО ЧИСЛА И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ

Л.А. ШИГАЕВ, И.М. ФАТТАХОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.А. ГИНИАТУЛЛИН

Цель: Исследовать цветность трансформаторного масла с последующим построением зависимостей цветности от $U_{пр}$, кислотного числа и влагосодержания.

Исследование заключалось в определении координат цветности масла при освещении его светом. Рассматривались отраженный, преломленный и проходящий свет. В ходе эксперимента рассматривались 14 проб масел с различными параметрами и цветностью. Цветность определялась с помощью программы PhotoShop CS3 в процентном содержании выражающей количество оттенков красного, зеленого и синего в цвете масла. После чего полученные величины были переведены в координаты цветности x , y , z . Были построены зависимости $U_{пр(x)}$, $U_{пр(y)}$, $U_{пр(z)}$.

Свежее трансформаторное масло светло-желтого цвета и имеет высокие физико-химические и диэлектрические свойства. В эксплуатации под влиянием ряда факторов (в частности, нагрева, загрязнений, электри-

ческого поля) из-за образующихся смол и осадков масло темнеет. Старение масла в эксплуатации связано с его окислением.

Далее в процессе эксплуатации маслonaполненного электрооборудования масло приобретает коричневый цвет, становится мутным, увеличивается кислотное число и зольность, появляются низкомолекулярные кислоты, которые оказывают вредное воздействие как на бумажную изоляцию, так и на металлы. Появляются осадки, которые могут ухудшить теплоотводящие свойства масла.

На основании полученных результатов при проведении экспериментальных работ были построены зависимости между координатами цветности (x, y, z) и пробивным напряжением ($U_{пр}$) с коэффициентами корреляции $r = -0,602$, $r = -0,702$, $r = 0,694$.

В заключение был получен вывод, что по координатам цветности можно ориентировочно определить качество трансформаторного масла, степень его старения и его изоляционные свойства.

УДК 621.321.925

ВЫБОР КАБЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

А.Н. ВЕРМАХОВСКИЙ, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Б. ИЛЬЧЕВ

При проектировании распределительных электрических сетей низкого напряжения приходится в большом объеме выполнять расчеты, связанные с выбором уставок защитных аппаратов с проверкой кабелей по термической стойкости и на возгорание. С учетом объемов электрических сетей автоматизация их расчетов становится актуальной.

В системе собственных нужд ТЭС проектировщикам часто приходится выбирать проводники не по допустимому току, а по условиям термической стойкости или возгоранию при коротких замыканиях, что приводит к существенному увеличению сечения проводников. В этом случае оптимизация структуры сети совместно с минимизацией приведенных затрат может позволить получить существенно лучшие решения, чем традиционно применяются в настоящее время без оптимизации.

Применение экономического критерия при выборе расчетных условий для проверки кабелей по условию возгорания позволит получить лучшие показатели сети при оптимизации сечений жил кабелей.

В работе рассматривается вопрос необходимости учета дуги при проверке кабелей на возгорание для обоснования уменьшения сечения КЛ. С учетом того, что вероятность металлического (не дугового) короткого замыкания, хоть и не велика, но вполне конечна, вопрос о том, учитывать или не учитывать возможность дуги при КЗ, для задач проверки на возгорание должна решаться на основе технико-экономического расчета. В работе сделана попытка такого расчета. Анализ задачи показал, что, на первый взгляд, получается, что основная задача это проверка кабеля, проходящего по трассе, на невозможность возгорания при КЗ. Если такая возможность окажется реальной, то ущерб от пожара на кабельной трассе не компенсируется сокращением затрат за счет применения кабеля с меньшим сечением.

С другой стороны, кабель с повышенным сечением позволит снизить потери в низковольтной распределительной сети. Для того чтобы была возможность принимать обоснованные решения при проектировании, предполагается разработка соответствующей функциональности в программном комплексе EnergyCS Электрика.

УДК 621.311.161

SMARTGRID

П.И. КОРУНАС, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. РАХМАНОВА

В настоящее время в энергетике существуют проблемы утечки электроэнергии, управляемости, «прозрачности» распределительных сетей. Возможным решением этих проблем является внедрения SmartGrid получившей активное развитие в странах Запада.

SmartGrid – это сеть электропередач с дополнительной цифровой надстройкой, чьи функции интегрированы с бизнес-процессами энергетической компании.

Для ОАО «Башкирэнерго» SmartGrid – это совершенно новая ступень развития, позволяющая, используя богатые природные ресурсы республики, внедрять множество альтернативных источников энергии. Благодаря особенностям нашей республики (относительная автономность, наличие генерирующих станций, геологическим особенностям местности) мы можем перейти на SmartGrid, не дожидаясь подобного шага от всей страны.

В рамках «интеллектуальной сети» развиваются следующие функциональные свойства электроэнергетики:

- 1) системы генерации электроэнергии;
- 2) электрические сети;

- 3) системы мониторинга и самодиагностики электрооборудования;
- 4) системы связи передачи данных между электроэнергетическими объектами;
- 5) системы учета электроэнергии;
- б) потребности.

От этой технологии энергетические компании получают три преимущества: они смогут быстрее реагировать на требования потребителей; оптимизировать собственные операции и осуществить переход от сжигания ископаемых топливных ресурсов к возобновляемым источникам энергии.

УДК 621.311

О ВЛИЯНИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА РАБОТУ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ, ОСНОВАННОЙ НА КОНТРОЛЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ МОЩНОСТИ, В СЕТИ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

И.А. КОСТАРЕВ, ПНИПУ, г. Пермь
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. М.Л. САПУНКОВ

В распределительных сетях 6-35 кВ с компенсированной нейтралью в составе тока однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) могут содержаться высшие гармоники, обусловленные разными факторами, в том числе влиянием дугогасящего реактора. Уровни 3-й и 5-й гармоник в таких сетях могут достигать около 30 и 11 % соответственно от тока ОЗЗ промышленной частоты.

Влияние высших гармоник необходимо учитывать на функционирование защит от ОЗЗ, особенно на селективность работы в сетях с компенсированной нейтралью.

Одной из таких защит является защита, основанная на новом принципе контроля, а именно на контроле пульсирующей мощности. По результатам ранее проведенных исследований установлено, что эта защита от ОЗЗ будет характеризоваться достаточной чувствительностью и селективностью действия при условиях, характерных для кабельных распределительных сетей с компенсированной нейтралью. Однако необходимо оценить влияние высших гармоник в токе ОЗЗ на функционирование данной защиты в сетях с воздушными ЛЭП, имеющими большую асимметрию собственных проводимостей фаз на землю, а также в смешанных сетях.

Для этих целей были проведены исследования, по результатам которых установлено, что высшие гармоники в токе ОЗЗ будут значительно увеличивать полезный сигнал защиты, основанной на контроле пульси-

рующей мощности. Таким образом, наличие высших гармоник в распределительной сети 6-35 кВ с компенсированной нейтралью способствует повышению селективности работы новой защиты.

УДК 621.311.1

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ СЕМЕЙСТВА ELECTRICS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ, ЗАЗЕМЛЕНИЯ, НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И ЭМС

А.А. РУНЦОВ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. д-р техн. наук, с.н.с. Е.С. ЦЕЛИЩЕВ

Программы семейства *ElectriCS* предназначены для автоматизированного проектирования молниезащиты и заземления зданий и сооружений, электромагнитной обстановки (*ElectriCSStrom*), светотехнических расчетов осветительных установок промышленных предприятий (*ElectriCSLight*), автоматизированной раскладки кабелей различного назначения (*ElectriCS 3D*). Таким образом, совместное использование данного пакета программ позволяет выполнять комплексное проектирование промышленных объектов в части систем молниезащиты, освещения и электромагнитной совместимости (ЭМС).

Суть взаимного использования программ семейства *ElectriCS* при проектировании промышленных объектов состоит в том, что прожекторные мачты, используемые в *ElectriCSLight* при расчете наружного (прожекторного) освещения, обычно выступают в качестве стержневых молниеотводов, которые используются в *ElectriCSStorm* для расчета зон и сечений молниезащиты. Кроме того, вводимые в *ElectriCSStorm* объекты, требующие молниезащиты (здания, резервуары, цистерны, сферы, трубы), выступают в *ElectriCSLight* как создающие тень объекты, а раскладка кабельных трасс, полученная в *ElectriCS 3D* может быть использована в *ElectriCSStorm* в качестве объектов исследования электромагнитной обстановки. Это достигается за счет полной совместимости проектов программ семейства *ElectriCS*.

Технология совместного использования систем состоит в итерационном подборе оптимального варианта расположения прожекторных вышек, удовлетворяющего условиям и нормативам освещения, молниезащиты и электромагнитной обстановки.

Таким образом, работа с одним и тем же проектом в комплексе программ семейства ElectricS позволяет достаточно быстро находить оптимальное решение по расстановке прожекторных мачт, повысив качество проекта как молниезащиты, так и наружного освещения и ЭМС.

УДК 621.3.048.1

ПОДВЕСНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

А.Ф. АКМАЛОВА, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. ВАЛЕЕВ

История применения подвесных изоляторов на высоковольтных линиях электропередачи имеет опыт трех поколений линейных изоляторов: фарфоровых, стеклянных и полимерных. Каждое поколение подвесных изоляторов становилось результатом длительных поисков новых решений в области изоляционных материалов, конструкций и технологий изготовления. Сегодня очевидно, что полимерные подвесные изоляторы имеют ряд важных преимуществ по сравнению с фарфоровыми и стеклянными:

- 1) разрядное напряжение грозового импульса на 15 % выше;
- 2) разрушающую нагрузку; масса в 10 раз, а трудоемкость монтажа на линиях электропередачи в 3 раза меньше;
- 3) живучесть при механических воздействиях на много порядков выше, отсутствует бой при транспортировке;
- 4) при доставке на любые расстояния транспортные расходы уменьшаются в 7 раз;
- 5) низкий уровень радиопомех;
- 6) высокие влагоразрядные характеристики в условиях загрязнения.

Повышение надежности полимерных изоляторов обеспечивается защитой от проникновения влаги самого слабого узла – входа стержня в оконцеватель. Вход перекрывается защитной оболочкой, обладающей высокой адгезией к оконцевателю и стержню изоляторов. Кремнийорганическая смесь вулканизируется при высоких температуре и давлении на предварительно обработанных праймером поверхностях стержня и опрессованных на нем оконцевателях непосредственно в прессформе. Температура, давление, подбор праймера гарантирует высокую адгезию оболочки к металлу и стержню. Стабильность процесса обеспечивается автоматикой.

Дополнительным важным преимуществом изоляторов последнего поколения является исключение возможности неконтролируемого повреждения стеклопластикового стержня при опрессовании оконцевателей в процессе сборки изолятора. Опрессование оконцевателей производится до нанесения на стержень кремнийорганической оболочки и повреждение стержня, если оно произошло при опрессовании оконцевателей, контролируется визуально, что невозможно проконтролировать у изоляторов предыдущих поколений.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ СТАРТОВЫХ АЛГОРИТМОВ К РАСЧЕТАМ ДОПУСТИМЫХ ПО УСЛОВИЯМ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Е.А. ГОДЯЦКАЯ, ТГУ, г. Тольятти
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. СЕНЬКО

Задача расчета допустимого по условиям САУ режима представляет интерес в случаях, когда из-за отсутствия достаточных диапазонов изменения режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) трудно определить режим, одновременно удовлетворяющий всем ограничениям, так как они могут оказаться противоречивыми.

Для расчета допустимых по условиям САУ режимов энергосистемы в работе использовались обобщенные уравнения предельных режимов (ОУПР).

$$\left. \begin{aligned} F \left[X, Y_0 + T \Delta Y - M^{-2} \left(\frac{\partial F}{\partial D Y} \right)^T R \right] &= 0; \\ V(X, R) = \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)^T R &= 0; \\ W(R, T) = R^T \left(\frac{\partial F}{\partial D Y} \right) M^{-2} \left(\frac{\partial F}{\partial D Y} \right)^T R - 3^2 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Расчет произведен для консервативной трехузловой модели энергосистемы.

При расчете запасов устойчивости система ОУПР (1) наряду с нетривиальными решениями $X_{ПР}^*$, отвечающим точкам гиперповерхности L_Y , имеет тривиальные решения, соответствующие исходному режиму. По этой причине для надежного решения систем ОУПР были проведены вычислительные эксперименты с применением методики, основанной на введении фиктивной переменной α в систему уравнений (1).

Расчеты проводились для различных направлений утяжеления. Результаты показывают, что искомые допустимые точки $Y_{дi}$ и соответствующие им точки предельной поверхности $Y_{прi}$ можно надежно определить за 6-8 итераций системы ОУПР. В ходе расчетов также было произведено уточнение параметра T и вектора $Y=Y_0+T\Delta Y - M^2_R$.

Проведенные исследования сходимости и неоднозначности вычислительных процессов при решении ОУПР показали, что предложенные алгоритмы применимы в задачах планирования и оперативного управления сложными ЭЭС. Для увеличения надежности сходимости численных методов решения рассмотренных уравнений к искомому решению необходимо использовать специальные стартовые алгоритмы.

УДК 621.311

ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В.А. ГУНИН, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.В. ШАПОВАЛОВ

Доля устаревшего оборудования на электростанциях России составляет 82,1 ГВт, или 39 % от установленной мощности всех электростанций, в том числе на ТЭС – 57,4 ГВт, или 40 % от установленной мощности ТЭС, а на ГЭС – 24,7 ГВт, или более 50 % установленной мощности.

Ввиду большого процента устаревшего оборудования, риск возникновения аварийных ситуаций в электроэнергетике высок. Аварии на электроэнергетических системах могут привести к долговременным перерывам электроснабжения потребителей, обширных территорий, нарушению графиков движения общественного электротранспорта, поражению людей электрическим током.

Используя модель вероятности аварий (МВА), можно составить прогноз – сколько ещё времени проработает данное оборудование и насколько серьезные будут последствия аварии при выходе из строя данного оборудования. Входными параметрами МВА являются: паспортные данные оборудования; техническое состояние оборудования, на момент исследования; надёжность; качество электроэнергии; индекс опасности (серьёзность последствий, которые влечёт за собой выход из строя оборудования на предприятии). На выходе получаем числовые характеристики, по которым составляют рекомендации (указания), по недопущению аварии, так же определяют, насколько надёжно данное оборудование, и насколько надёжна вся система в целом;

Профилактика возникновения аварии, менее дорогостоящая, чем ликвидация аварии и её последствий.

УДК 621.317

**ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6-10 кВ**

Д.В. ГУСАКОВ, П.В. ШИЛОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ;
канд. техн. наук, доц. Ю.В. РАХМАНОВА

Электромагнитные трансформаторы напряжения, являясь одним из важнейших элементов электроэнергетических систем, часто подвергаются различного рода повреждениям. В России электрические сети 6-10 кВ работают с изолированной нейтралью, и наиболее часто повреждения возникают именно в этих сетях – в основном, это однофазные замыкания на землю. В процессе эксплуатации этих сетей могут возникать ситуации, приводящие к феррорезонансным явлениям в эквивалентных контурах, содержащих емкость электрооборудования сети и нелинейную индуктивность намагничивания трансформаторов напряжения (ТН). При этом на изоляции электрооборудования могут возникать перенапряжения на высших гармонических и повышенные значения токов в обмотке высшего напряжения ТН при возбуждении субгармонических колебаний.

Для уменьшения ущерба от явления феррорезонанса используются антирезонансные трансформаторы напряжения. Антирезонансный трансформатор напряжения (АТН) – это трансформатор напряжения, устойчиво работающий при наличии в сети непрекращающихся феррорезонансных явлений и не вызывающий их. Для обеспечения антирезонансных свойств у АТН 6-10 кВ применяется ряд способов:

- добавление в схему активных гасительных сопротивлений;
- повышение потокосцепления насыщения путем снижения номинальной индукции;
- изменение схемы соединения обмоток трехфазных АТН и т.д.

Эти способы имеют разную эффективность, но не всегда удовлетворяют требованиям надежности. Одним из важных способов достижения антирезонансных свойств у ТН является изменение конструкции магнитопровода, причём нет необходимости для изобретения оригинальной конструкции. Достаточно подобрать такой тип конструкции, при котором скомпенсируется ток нулевой последовательности в трансформаторе.

УДК 621.316.717

АНАЛИЗ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ШИНАХ ГРУ ТЭЦ ПРИ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ

Ю.О. ЗАМУЛИНА, Л.В. КОЛОТИЛИНА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.С. КОЖЕВНИКОВА

В разветвленных сетях генераторного напряжения ТЭЦ не всегда удается осуществить полную компенсацию тока в месте повреждения при однофазных замыканиях.

Процесс замыкания сопровождается перемещающейся дугой и может вызывать значительные перенапряжения. Определение максимально возможных напряжений на шинах ГРУ ТЭЦ необходимо для оценки опасности дуговых замыканий для изоляции. Для определения перенапряжения на шинах ГРУ 6 кВ ТЭЦ, состоящего из четырех секций с генераторами ТВФ63-2, связанных токоограничивающими реакторами, с кабельными линиями (от 5 до 9) подсоединенными через линейные реакторы была разработана методика и произведены расчеты перенапряжений при однофазных замыканиях на кабельных линиях, питающихся от разных секций. Были определены параметры сети и составлена схема замещения сети ГРУ 6 кВ ТЭЦ.

При практических оценках уровней напряжений обычно учитывают только влияние зарядов – разрядов фазных и междуфазных емкостей. Но наличие секционных реакторов существенно влияет на характер переходного процесса и вызывает повышение кратности перенапряжений.

Расчет напряжений на шинах поврежденной секции производится для моментов возникновения повреждений и для процессов горения и гашения дуги с возможными поворотными пробоями в месте замыкания.

Расчеты показали, что в момент замыкания напряжение поврежденной фазы меняется скачком от 0,5 до 0,7 значения фазного напряжения. Далее начинается второй этап, обусловленный перезарядом фазных и междуфазных емкостей.

Разработанная методика позволила определить расчетные угловые частоты колебаний вначале при развитии переходного процесса, которые составили $386 \frac{1}{\text{сек}}$ и $434 \frac{1}{\text{сек}}$. Максимальное перенапряжение на поврежденной фазе «С» достигало 3,5.

Натурные испытания для ТЭЦ показали достаточно хорошие (около 20 %) совпадения расчетных и экспериментальных уровней.

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В ВОСТОЧНОМ ОРЕНБУРЖЬЕ

И.Р. АБДУЛВЕЛЕЕВ, ОГТИ (ф) ОГУ, г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. САБЛИН

Доля России в динамично развивающемся рынке ветроэнергетики, при совокупной установленной мощности всех ветроэлектроустановок (ВЭУ) в 15 МВт, составляет всего 0,013 %, тогда как экономический потенциал ветровой энергии оценивается в 260 млрд кВт·ч в год, что соответствует приблизительно 30 % от общей выработки электроэнергии в стране.

Согласно прогнозам Глобального совета по ветроэнергетике (GWEC), к концу 2016 г. общая установленная мощность ветроэнергетического сектора в мире достигнет отметки в 500 ГВт, а суммарная установленная мощность ВЭУ введенных в эксплуатацию за 2012 г. составила более 46 ГВт. Все вышесказанное говорит о значительном отставании ветроэнергетики в нашей стране и необходимости выявления территорий с высоким ветропотенциалом, подходящим для размещения ВЭУ.

В результате обработки статистических данных среднечасовой силы ветра на территории восточного Оренбуржья за период с 2010 по 2012 гг., автором определена среднегодовая сила ветра на высоте 10 м, значение которой составило 4,88 м/с. С учетом поправочного коэффициента высоты (экспоненты Хельмана) рассчитана среднегодовая скорость ветра для высоты 80 м, составившая 6,53 м/с. Следовательно, при установке наиболее целесообразной в данном случае ВЭУ VestasNM82 с номинальной мощностью турбины 1650 кВт, полезная годовая выработка электроэнергии одной установки составит 5256 МВт·ч, а значение коэффициента использования мощности установки – более 36 %. Таким образом, автором рассчитано, что ветровой потенциал восточного Оренбуржья позволяет достаточно эффективно вырабатывать электроэнергию с помощью ВЭУ.

УДК 621.313

К ВОПРОСУ ОБ ОГРАНИЧЕНИИ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА НАПРЯЖЕНИИ 6-10 кВ

А.А. КОЗЕЛЕПОВ, СамГТУ, г. Самара

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

При проектировании распределительных устройств на генераторном напряжении теплофикационных электростанций, как правило, необходимо предусмотреть меры по ограничению токов короткого замыкания (к.з.). Ограничение токов к.з. позволяет уменьшить параметры электрических аппаратов и сечения проводников и, следовательно, снизить их стоимость. Вместе с тем требуются дополнительные капиталовложения на сами токоограничивающие устройства, увеличиваются потери напряжения, что в свою очередь может повлечь за собой дополнительные затраты на устройства регулирования напряжения, возрастают потери мощности и энергии в нормальном режиме. Поэтому применение специальных средств токоограничения должно быть обосновано и должен быть выбран наилучший для данных исходных условий способ ограничения токов к.з.

Для ограничения токов к.з. на генераторном напряжении электрических станций обычно между секциями подключают токоограничивающие реакторы, которые называют секционными. Для ограничения токов к.з. на отходящих от секций генераторного распределительного устройства кабельных линиях, питающих местную нагрузку, устанавливаются групповые (линейные) токоограничивающие реакторы. От одного линейного реактора питается, как правило, 6-8 и более кабельных линий. Величину сопротивления линейного реактора выбирают такой, чтобы ток к.з. за ним не превышал номинальный ток отключения выключателей, которые устанавливаются на отходящих кабельных линиях. Выключатели выпускают обычно с двумя номинальными токами отключения, например, 20 и 31,5 кА. Естественно, выключатели с большим током отключения дороже выключателей с меньшим током отключения. Но выбор реактора с большим сопротивлением ведет к большим потерям электроэнергии в нормальном режиме. Величина потерь в нормальном режиме в реакторах лимитируется. Поэтому выбор токоограничивающих реакторов необходимо выполнять на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов. Для выполнения таких расчетов была разработана специальная программа, которая из заложенного банка данных по токоограничивающим реакторам, позволяет выбрать наилучший, с экономической точки зрения, вариант по установке реактора.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ТИРИСТОРНЫХ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ТОЛЬЯТТИНСКОЙ ТЭЦ

А.С. КРАСНИКОВ, ТГУ, г. Тольятти
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. АА. КУВШИНОВ

Тиристорные системы возбуждения СТС-250-2000-2,5УХЛ4, СТС-370-2500-2,5УХЛ4 турбогенераторов Тольяттинской ТЭЦ работают в режимах токовой стабилизации и токовой компенсации. Режим токовой компенсации используется для турбогенераторов ТВФ 110-2Е, работающих в блоке «генератор – трансформатор». Режим токовой стабилизации обеспечивает параллельную работу турбогенераторов ТВФ 63-2, ТВФ 63-2Е на общую систему шин.

Для подготовки турбогенератора к включению на параллельную работу в режиме автоматической точной синхронизации и пуска турбогенераторов после аварийного останова на Тольяттинской ТЭЦ применяется устройство начального возбуждения. Устройство начального возбуждения выполнено по трехфазной мостовой схеме выпрямления, которая получает питание от секции распределительного устройства собственных нужд. Все параметры нормальных и аварийных режимов работы заложены и корректируются в автоматическом регуляторе АРВ-СДП1 системы тиристорного самовозбуждения. Однако для повышения статической и динамической устойчивости турбогенераторов целесообразно автоматический регулятор АРВ-СДП1 заменить микропроцессорным. Микропроцессорная система возбуждения СТС-МРУ имеет дополнительный микропроцессорный блок защит, где реализованы токовая отсечка выпрямительного трансформатора и защита от снижения частоты на холостом ходу генератора.

УДК 621.311

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ, СВЯЗАННЫХ С НЕРАВНОМЕРНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НАГРУЗКИ ПО ФАЗАМ И, ВСЛЕДСТВИЕ ЭТОГО, – ПЕРЕКОСОМ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Н.С. КУРИЛОВА, ТГУ, г. Тольятти
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ШАПОВАЛОВ

Направление энергоэффективности (энергосбережения в электроэнергетике) России слабо развито на сегодняшний день. В России потери в энергосетях 15-20 %.

Нехватка электрической энергии может стать существенным фактом сдерживания экономического роста страны в будущем. Россия обладает большим потенциалом в области энергоэффективности, энергосбережения.

Часть потерь в электросетях приходится на неравномерное распределение в трехфазной системе нагрузки (разность её характера, подключение мощных нагрузок). Вследствие этого возникает перекося фазных напряжений в сетях с изолированной нейтралью. Последствия этого – потери электроэнергии, нагрев токоведущих частей системы, ослабление изоляции, нарушение нормальной работы электрооборудования, возможность возникновения аварийных ситуаций.

Способы решения этих проблем надо искать на уровне низкого напряжения 0,4 кВт, а также на уровне трансформаторных подстанций 6-10 кВт.

Для поддержания заданного напряжения и защиты оборудования используют стабилизаторы напряжения, но он является причиной дополнительного смещения фаз. Для стабилизации напряжения нагрузки используют трансформатор с симметрирующим устройством.

Проведён расчет жилого дома. Результирующая суммарная нагрузка потребителей 915 кВт. Коэффициент не симметрии нагрузок по фазам составил 20 %. Время окупаемости трансформатора меньше – пяти лет. Срок службы 40 лет.

Результаты показали, что срок окупаемости зависит от удалённости трансформатора от потребителя, протяженности высоковольтных линий (6-10 кВт), номинальной мощности трансформатора.

УДК 620.9.001.5

АРХИТЕКТУРЫ АГЕНТОВ

Я.В. МАКАРОВ, А.Ю. РЫГАЛОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.П. КУБАРЬКОВ

В настоящее время мультиагентные системы находят все более широкое применение, что объясняется не только интеллектуальностью данных систем, но и их высокой производительностью. Для того чтобы понять, с чем это связано, необходимо рассмотреть структуру как самого агента, так и всей системы.

Сам термин архитектура подразумевает под собой внутреннее строение агента, которое определяет его действия в зависимости от сложившейся

ся ситуации. Архитектура всей системы в целом зависит от архитектуры входящих в неё агентов. Таким образом, ещё на стадии проектирования системы необходимо определиться с архитектурой входящих в неё агентов.

Как правило, различают два вида архитектур. Первая основана на определенных знаниях агента о себе, окружающем мире и о других агентах (что представляется в виде символьной модели), а также на возможности общаться с другими агентами и, таким образом, принятии решений на основе имеющихся знаний при коллективном взаимодействии. Основная проблема данной схемы заключается в сложной системе обмена данными между агентами, так как каждый агент должен знать о действиях и целях других агентов, и с учетом этого принимать решения. Для более корректной работы агентов требуется разработка онтологий и механизма обмена ими. Другая архитектура основана на реактивном действии агента при изменении состояния окружающей среды или других агентов, все взаимодействия между агентами происходят через окружающую среду и её состояния, что не требует от агента определенных знаний о своём окружении и делает такую структуру более гибкой по сравнению с предыдущей, но такие агенты по своей сути являются пассивными.

Мультиагентная система может состоять из агентов принадлежащих к архитектуре только первого или только второго рода, однако, система состоящая из оптимального количества агентов с разными архитектурами является наиболее органичной и гибкой.

УДК 621.3/31

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ТОЧКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ДЛИНЫ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ НА ВЫБОР ЕЁ ОПТИМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Ю.А. МАКЕРОВА, РГУ нефти и газа им. И.М. ГУБКИНА, г. Москва

Определение оптимального сечения линии электропередачи является важной задачей при проектировании электрической сети. В данной работе исследовались кабельные линии (КЛ) 6-10 кВ. В большинстве случаев сечение кабельной линии на 6-10 кВ выбирают по методу экономической плотности тока ($J_{эК}$). Из исследований, проведенных ранее, можно заключить несостоятельность метода выбора сечения кабельной линии по экономической плотности тока.

В докладе рассматривается переход ко всестороннему рассмотрению технических и экономических характеристик кабеля. Предлагаемая методика выбора оптимального сечения кабельной линии заключается в применении методов многокритериальной оценки (МКО) ко множеству вариантов из области допустимых значений.

На данном этапе исследовалось, и отражено в докладе, влияние длины кабеля на выбор сечения кабельных линий, как с экономической, так и с технической точки зрения.

В докладе представлены результаты исследований относительно влияния расположения расчетной точки КЗ на выбор кабельной линии.

Влияние последних двух факторов (длины кабельной линии и расположения расчетной точки КЗ) учтено в предлагаемой методике выбора сечения КЛ.

В докладе также рассматриваются рамки применимости данной методики.

Личный вклад автора заключается в проведении вышеуказанных исследований и разработке новой методики выбора оптимального сечения кабельной линии.

Ввиду громоздкости предлагаемого метода дальнейшая работа будет посвящена разработке программного продукта, реализующего данную методику.

УДК 621.384.658

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Я.В. МИРОНЕНКО, ВлГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.А. ШАХНИН

Нынешнее состояние электроэнергетической отрасли в России характеризуется высокой степенью изношенности силового высоковольтного оборудования. Достоверная диагностика позволяет продолжать эксплуатацию уже выработавших ресурс аппаратов. Наиболее перспективными выглядят методы интродиагностики под рабочим напряжением без вывода оборудования из эксплуатации. Физической основой большой группы таких методов являются частичные разряды (ЧР), т.е. микропробои в диапазоне от десятых долей до десятков нанокулон, перекрывающие лишь небольшую часть изоляции.

Обработка данных о ЧР – это статистический анализ огромного массива характеристик зарегистрированных частичных разрядов. Невозможность использования статистических подходов, требующих априорного знания о законах распределения данных, вынуждает использовать новые алгоритмы. Одно из решений – это применение кластерного анализа. В рамках задачи невозможно априорно задать количество кластеров и заранее предсказать плотности распределения данных вокруг их центров, кроме того возможно пересечение кластеров. Для ее решения эффективно применение принципов нечеткой логики при обработке результатов регистрации ЧР, в частности, принципов метода горной кластеризации. На первом шаге горной кластеризации определяют точки, которые могут быть центрами кластеров. На втором шаге для каждой такой точки рассчитывается значение потенциала, показывающего возможность формирования кластера в ее окрестности. Конечным результатом должна стать матрица центров кластеров и соответствующая ей матрица потенциалов центров кластеров.

В качестве исходных данных используются следующие характеристики ЧР: амплитуда импульса напряжения во вторичной цепи, фазовый сдвиг по отношению к напряжению 50 Гц, интенсивность следования ЧР.

После обработки результатов исследований, проводившихся в разное время, сравниваются матрицы центров кластеров и их потенциалов. На основе сравнения делается вывод об интенсивности процессов старения изоляции и остаточном ресурсе оборудования.

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6(10) кВ

Т.А. МУСАЕВ, ОАО «Сетевая компания» КЭС, г. Казань

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

Системы электроснабжения городов характеризуются большой плотностью нагрузок, составляющих от 1 до 12 МВт/км и относительно равномерным их рассредоточением на ограниченной территории. При этом широко применяются глубокие вводы, под которыми понимают систему электроснабжения, позволяющую подвести наивысшее экономически целесообразное напряжение к центрам нагрузки с наименьшим количеством

ступеней промежуточной трансформации, так как их увеличение приводит к большим потерям мощности и снижению качества электроэнергии.

Современные распределительные сети напряжением 6-10 кВ чаще всего выполнены по смешанной схеме электроснабжения, т.е. часть сети питается по магистральной, а часть сети по радиальной схеме. Это создает дополнительные сложности при проведении оптимизации режимов работ данных сетей. К преимуществам рассматриваемых сетей можно отнести относительно высокую степень надежности электроснабжения, связанную с наличием двух независимых взаиморезервируемых источников питания. При этом в одном из пунктов электроснабжения (трансформаторная подстанция 6(10)/0,4 кВ) поддерживается разрыв замкнутой схемы электроснабжения. Одним из методов оптимизации является размыкание замкнутой распределительной сети в оптимальных точках. Трудности в нахождении оптимальных точек размыкания заключаются в том, что при изменении режимов нагрузки сети в течении суток эти точки находятся в разных местах. Для этого проводится расчет потокораспределения, находят точку потокораздела и в ней размыкается сеть.

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СЕТЕВОГО НАСОСА

Э.Т. НАМАЗОВА, УГАТУ, г. Уфа

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

Основные области применения сетевых насосов: перекачка жидкости в системах отопления. Целью работы является разработка горизонтального одноступенчатого сетевого электронасоса, с колесом двухстороннего входа, проведение сравнительного анализа с зарубежными аналогами и выявление способов повышения коэффициента полезного действия (к.п.д.) насоса. В результате обзора технической литературы авторами установлено, что аналогом, наиболее близким к разрабатываемому является одноступенчатый одинарный, центробежный насос типа «ин-лайн» фирмы *Grundfos* (Дания). Зарубежный аналог превосходит разрабатываемый насос по к.п.д. на 2 %, и имеет меньшую частоту вращения, что увеличивает надежность и снижает скорость износа рабочих органов, однако потребляемая мощность разрабатываемого насоса меньше на 48 кВт, при этом он

имеет лучшую всасывающую способность, что исключает возможность кавитационных явлений. Авторами проведено сравнение стоимости жизненных циклов за время эксплуатации в течение 5 лет (40000 ч) без учета стоимости запасных частей и увеличения цен на электроэнергию. Разница в стоимости жизненного цикла составила 7,138 млн руб. в пользу сетевого насоса отечественного производства; по энергоэффективности разрабатываемый насос не уступает зарубежному аналогу, при этом его стоимостные характеристики ниже на 2÷3 млн руб. в зависимости от модификации.

С целью повышения к.п.д. сетевого насоса и сохранению его высокого значения при длительной эксплуатации, авторами разработана улучшенная конструкция, содержащая датчики положения и виброперемещения запорно-регулирующей арматуры, оригинальной конструкции. Использование вышеуказанных датчиков в конструкции, позволит уменьшить явление гидродинамической кавитации, за счет снижения гидравлических ударов и предотвращения несанкционированного закрытия (открытия) запорно-регулирующей арматуры. Для предотвращения коррозии рекомендуется нанесение защитных покрытий *belzona®1341 (supermetalglide)* на поточную часть насоса, что также способствует увеличению к.п.д. в широком диапазоне величин производительности и уменьшению потребления электроэнергии.

УДК 621.31

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ И ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ СЕТЕВЫХ НАСОСОВ

Э.Т. НАМАЗОВА, И.Т. ГАБДРАХМАНОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.Ю. ПАШАЛИ

При работе паровых и газовых турбин, насосов, двигателей, в том числе при возникновении аварий, сопровождающихся повышениями давления сетевой воды и гидравлическими ударами, необходим контроль положения и виброперемещений элементов их конструкций. Учет вибрации при работе данного оборудования позволяет избежать разрушения теплофикационного оборудования источника тепловой энергии, трубопроводов и оборудования тепловых сетей, массовых разрывов отопительных прибо-

ров потребителей, ожогового травматизма людей, длительного прекращения теплоснабжения.

Целью работы является разработка средств контроля положения и виброперемещения элементов конструкции сетевых насосов.

Новизна исследования заключается в разработке оригинальной конструкции устройства контроля за положением элементов сетевых насосов и проектирования его демонстрационного макета, который обладает широкими функциональными возможностями и объединяет в себе функции датчика осевого сдвига (измерение зазора, сдвига, перемещения). Устройство контроля содержит двухполюсный постоянный магнит, выполненный в форме диска со сквозным коническим отверстием на его оси, ферромагнитный сердечник-концентратор магнитного потока, создаваемого магнитом, выполненный в виде усеченного конуса и установленный с возможностью перемещения вдоль оси этого отверстия, элемент Холла, закрепленный на меньшем по площади торце этого сердечника-концентратора. В сердечник-концентратор соосно с ним, с возможностью поворота установлена втулка, в которой с эксцентриситетом e установлена другая втулка с возможностью поворота относительно первой, в последнюю с таким же эксцентриситетом e и с возможностью осевого перемещения установлен элемент в виде цилиндра, выполненный из магнитотвердого материала, при этом втулки могут быть выполнены из ферромагнитного или диамагнитного материала.

УДК 303.732.4

ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ГЭС С УЧЕТОМ МНОГОЧИСЛЕННЫХ КРИТЕРИЕВ

П.С. ПАНКРАТЬЕВ, БрГУ, г. Братск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ШАКИРОВ

Выбор створа гидроэлектростанции (ГЭС) представляет собой сложную проблему, в ходе решения которой необходимо учитывать многочисленные факторы: окружающей среды; экономические факторы; социально-экономические факторы; факторы здоровья и безопасности населения; факторы общественного мнения. Для каждого створа ГЭС должно быть намечено несколько вариантов уровней водохранилища, в ходе детальных

многофакторных технико-экономических расчетов определен наилучший вариант ГЭС. Сложность процесса может быть существенно снижена, если на предварительной стадии исключить из анализа неперспективные площадки.

Альтернативы – площадки для строительства ГЭС – в данной проблеме не могут характеризоваться определенными количественными показателями по многим факторам, поэтому целесообразно применить метод многокритериального анализа альтернатив, позволяющий осуществлять сравнение вариантов без их оценки по абсолютной шкале. Таким является метод анализа иерархий (МАИ). Метод использует специальную шкалу, с помощью которой альтернативы и критерии сравниваются между собой без необходимости получения точных количественных оценок.

Новизна в проведенном исследовании заключается в подходе к сравнению альтернатив в условиях многих критериев с применением метода МАИ. Особенностью задачи является то, что каждая альтернатива-площадка имеет дальнейшие возможные альтернативы второго уровня иерархии – варианты нормальных подпорных уровней водохранилища. Предложена методика для решения задачи в такой постановке.

Личный вклад автора заключается в разработке иерархии целей и критериев проблемы выбора площадки строительства ГЭС, разработке методики многокритериального сравнения альтернатив.

Предложенная методика многокритериального сравнения может быть использована в предпроектном анализе с целью определения наиболее предпочтительных мест для дальнейших, более детальных исследований.

УДК 621.311

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

В.С. ПЕТРОВ, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары

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

Устройства автоматического ограничения повышения напряжения (АОПН) должны фиксировать действующее значение напряжения соглас-

но заложенной вольт-секундной характеристики (ВСХ) и амплитудное значение напряжения, измеряя которые рассчитывается остаточный ресурс изоляции, определяемый на каждом полупериоде кривой напряжения как отношение продолжительности полупериода напряжения к величине допустимого времени нахождения изоляции оборудования под напряжением с максимальным значением полупериода. Для своевременного отключения защищаемого оборудования необходимо как можно точнее определять вышеуказанные величины. Однако во вторичных цепях напряжения возможно появления выбросов (помех) различной величины и полярности, способных повлиять на точность функционирования устройства. Так, если отсчёт, искажённый выбросом, пропущен в логику АОПН, то на данном расчётном шаге возможно сильное снижение вычисляемого остаточного ресурса изоляции защищаемого оборудования, т.к. контролируемая величина напряжения перемещается на плоскости ВСХ из области малых перенапряжений с большими допустимыми временами в область больших перенапряжений с меньшими допустимыми временами.

Разработан алгоритм, позволяющий выявлять, локализовать и исправлять сигнал, «испорченный» выбросом, основанный на контроле невязки сигнала напряжения и его средней скорости изменения, что позволяет выявлять характерные паттерны, возникающие в случае появления помех. Предлагаемый алгоритм надёжно функционирует, как при синусоидальном сигнале напряжения, так и при наложении на него второй и третьей гармоник различной величины и процентного содержания.

УДК 621.311

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В УСТРОЙСТВЕ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

В.С. ПЕТРОВ, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. ЛЕВИУШ

Одной из измеряемых величин устройством автоматического ограничения повышения напряжения (АОПН) является максимальное значение

напряжения, точность измерения которого влияет на величину расчётного остаточного ресурса изоляции защищаемого оборудования, которая, в свою очередь, определяет своевременность выдачи управляющих команд (в том числе и на отключение), направленных на снижение напряжения.

Предлагается способ определения абсолютного максимального значения, согласно которому измеряют электрическое напряжение в равномерно фиксированные моменты времени и формируют отсчеты выпрямленного сигнала путем определения абсолютных значений измерений, сравнивают отсчеты на каждом полупериоде выпрямленного сигнала с заданным порогом и выбирают отсчеты выше упомянутого порога и находят среди них отсчет с максимальным значением и по одному отсчёту справа и слева от него (узлы), проводят через найденные узлы интерполяционную кривую второго порядка с единственным максимумом и принимают ее максимум за абсолютное максимальное значение электрического напряжения. Указанный выше порог рекомендуется брать отличным от нуля, так как в этом случае уменьшается влияние шумов. Например, брать наименьшую величину сигнала, соответствующего времени второго отсчёта при условии, что время появления первого отсчёта соответствует моменту перехода сигнала через нуль. Наименьшая величина сигнала, соответствующая второму отсчёту, наблюдается при наименьшей частоте из рабочего диапазона. Описанный способ даёт меньшие погрешности, чем расчёт абсолютного максимального значения электрического напряжения формулой Тейлора второго порядка.

УДК 620.9.001.5

ПРИНЦИП ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ЗАПРОСА В МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

А.Ю. РЫГАЛОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.П. КУБАРЬКОВ

Мультиагентные системы (МАС) отлично зарекомендовали себя в различных отраслях деятельности общества. В этом году они вошли в план развития российской энергетики на ближайшие десять лет. Но, не смотря на это, МАС для электроэнергетики так и не разработана.

Ранее авторами был предложен алгоритм работы МАС и структура связей внутренних и внешних. Следующим встает вопрос об оптимизации

решения МАС поставленных перед ней задач. Для того чтобы решить запрос оптимально, МАС, прежде всего, должна его правильно и точно воспринять. В связи с этим предлагается модуль приема запросов сделать с интерфейсом, похожим на расширенный поиск в поисковых вэб-службах. Это упростит для МАС выбор ключевых слов, исходя из которых, она будет выбирать систему оценки оптимальности с определенными критериями и их весовыми коэффициентами. Для каждого типа задач (режимные, прогнозные, экономические и т.д.) предлагается собственная система оценки оптимальности, отвечающая их сути.

Для точного и правильного выполнения запроса не менее важны надежная связь между агентами и постоянный доступ к необходимой информации. В связи с этим видится целесообразным создание единой информационной сети энергетических компаний, предприятий и служб. Такая сеть может быть создана на принципе IT-аутсорсинга с передачей прав и обязанностей по хранению информации министерству энергетики.

УДК 621.316.1

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ЗАЗЕМЛЕНИИ НЕЙТРАЛИ В НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.Р. ХУСАИНОВ, филиал ОАО «Сетевая компания»

Набережночелнинские электрические сети (НчЭС), г. Набережные Челны

Науч. рук. глав. инженер НчЭС Р.И. ХУСАИНОВ;

начальник службы релейной защиты и автоматики НчЭС Д.Г. ЯВКИН

На сегодняшний день в НчЭС эксплуатируются две подстанции с комбинированным заземлением нейтрали сети 6-10 кВ, это ПС 110 кВ Центр и ПС 110 кВ Сидоровка.

Комбинированное заземление нейтрали на данных ПС осуществляется путем присоединения параллельно ДГР высокоомного резистора, служащего для ограничения дуговых и феррорезонансных перенапряжений в сети 6-10 кВ. Алгоритмы определения поврежденного фидера при ОЗЗ на данных ПС в режиме работы сети с ДГР без высокоомного резистора основывалось на работе сети в режиме перекомпенсации или использовании специальных защит, основанных на прохождении токов высших гармоник.

Вместе с тем при работе сети 6-10 кВ в комбинированном режиме происходит увеличения активной составляющей тока замыкания на землю, что можно использовать для обеспечения селективной работы защит на токовом принципе. Для подтверждения возможности использования алгоритмов, использующих активную составляющую тока замыкания на землю и использования существующих алгоритмов определения ОЗЗ при работе сети 6-10 кВ в комбинированном режиме, в 2012 г. на ПС Центр и ПС Сидоровка проводились опыты искусственного однофазного замыкания на землю. На ПС 110 кВ Центр защита от ОЗЗ присоединений 10 кВ выполнена на МП терминалах «SPAC 801-113», на ПС Сидоровка защита от ОЗЗ присоединений 6 кВ выполнена на МП терминалах «Сириус-2МЛ» и МП шкафах автоматики управления ДГР и определения поврежденного фидера с терминалами «Бреслер-0117.080».

Анализ работы МП терминалов при проведении опытов показал, что работоспособность алгоритмов определения поврежденного фидера при заземлении нейтрали через ДГР сохраняется и при комбинированном заземлении нейтрали, но вместе с тем выявлены определенные недостатки при использовании активной составляющей тока ОЗЗ.

УДК 621.31

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИВОДА НА КАРМАНОВСКОЙ ГРЭС

Р.Э. ШАЙБАКОВ, КГРЭС – филиал ООО «БГК», г. Нефтекамск
Науч. рук. мастер ОРУ КГРЭС А.И. КНЯЗЕВ

КЭС, как известно, вовлекается в регулирование суточных и сезонных графиков нагрузки. Разгрузка некоторых энергоблоков достигает до 50 %. В этих условиях, для обеспечения эффективной работы и высокого к.п.д. энергоблоков, важнейшей задачей является снижение энергопотребления на собственные нужды КЭС. Дутьевые вентиляторы и дымососы, питательные, конденсационные – основные потребители электроэнергии на собственные нужды. Эксплуатируемые электродвигатели на станции не имеют регулятора скорости.

Наиболее эффективным способом управления производительностью вентиляторов и насосов является регулирование скорости вращения частотным регулятором привода, который состоит из двух основных блоков.

За счет управления частотой номинальный крутящий момент может быть достигнут на низкой скорости, при этом пусковой ток составляет 1-1,5 % от номинального тока двигателя. Другой полезной функцией является мягкая остановка, которая очень полезна, например, для остановки насосов, когда при обычной остановке может возникнуть проблема гидроудара в трубопроводе.

В данной работе рассмотрена установка регуляторов частоты на приводы дутьевого вентилятора и насоса блочной обессоливающей установки, показана экономия электроэнергии от внедрения ЧРП и срок окупаемости.

УДК 621.314

ЭЛЕГАЗОВЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

П.В. ШИЛОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. РАХМАНОВА

Трансформатор является важным и неотъемлемым элементом в современных электрических сетях и электрических комплексах. Без него невозможно обеспечить функционирование множества значимых в современном мире объектов. Поэтому, построение адекватной математической модели трансформатора является актуальной задачей.

Перспективным направлением в трансформаторостроении является отказ от традиционных изоляционных материалов. В связи с этим все чаще за рубежом и в России на подстанциях стали использовать трансформаторы с газовым наполнением, где в качестве изоляционного материала используется не масло и синтетические смолы, а специальный газ – элегаз. Трансформаторы с элегазовым наполнением обладают превосходными изоляционными характеристиками и эффективно охлаждаются, их отличает температурная устойчивость. Такими свойствами они обладают благодаря герметично содержащемуся в их рабочих ёмкостях газа, который при этом не горюч, безвреден, не имеет запаха.

Применение такого рода трансформаторов позволит увеличить эффективность использования электроэнергии.

Проведена работа по проектированию трансформатора по аналогии с существующими установками. В результате проделанной работы была создана математическая модель трансформатора и исследованы его харак-

теристики, проведены электромагнитные и тепловые расчеты для различных режимов работы.

Планируется провести оптимизацию параметров трансформатора с применением современных изоляционных и магнитных материалов с целью увеличения эффективности и надежности работы трансформатора.

УДК 676.013.6-83

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.Н. ШУЛЕПОВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

Система непрерывного контроля трансформатора должна быть рассчитана на работу с высокой надежностью в течение срока, сопоставимого с продолжительностью службы трансформатора, которая равна 30 годам и более. Наличие системы не должно снижать надежности работы оборудования.

Должно быть разумное соотношение между стоимостью монтажа и эксплуатации и пользой от системы контроля. Система должна быть удобной для использования, давать достаточную информацию об остаточном сроке службы трансформатора, что позволит перейти к системе профилактики по состоянию и помочь в устранении unplanned выходов из работы.

Для выявления быстроразвивающихся дефектов контроль должен производиться без отключения трансформатора от сети.

Дополнительные требования к системе непрерывного контроля:

– должна быть возможность расширения системы на контроль всего оборудования подстанции, ее комбинаций с другими системами (например, релейной защитой);

– алгоритм диагностики в системе должен быть легко расширяем, учитывая быстрый прогресс в разработках датчиков и математического обеспечения, возможные изменения на подстанции;

– хранение данных должно быть в виде, удобном пользователю, данные должны быть доступны за несколько лет;

– система может быть поставлена как на новое оборудование, так и на уже работающее, должна быть гибкой для возможных изменений по желанию заказчика.

Одна из наиболее сложных для эффективной работы системы непрерывного контроля трансформатора задач – использование современной стратегии передачи данных.

В последнее десятилетие за рубежом начали применяться различные системы непрерывного контроля состояния силовых трансформаторов. Общее для этих систем – стремление выявить максимальное количество опасных для трансформатора дефектов на ранней стадии их развития непосредственно во время работы.

Таким образом, системы непрерывного контроля особенно важны как средство продления срока службы работающих трансформаторов, зарубежный опыт создания и эксплуатации таких систем поможет в разработке и внедрению их в наших энергосистемах.

УДК 621.315

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕПЛОВИЗОРОМ ДЕФЕКТОВ В ПРОХОДНОМ ИЗОЛЯТОРЕ

Р.Р. ЯППАРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для контроля изолирующих конструкций предпочтительны дистанционные методы, которые не требуют отключения оборудования и не влияют на его работу. Наиболее эффективными являются методы, основанные на регистрации теплового (инфракрасного) излучения.

Экспериментальное исследование возможности диагностики дефектного опорного изолятора осуществлялось в лаборатории техники высоких напряжений КГЭУ в два этапа.

На первом этапе исследовалось поведение нового проходного изолятора ИПУ-10/630-7,5 УХЛ1 после пребывания в условиях длительного увлажнения. Наблюдения за состоянием изолятора в течение 3 часов с помощью тепловизора не показали каких-либо существенных изменений в тепловой картине изолятора в процессе его высыхания. Таким образом, не

было выявлено нарушение изолирующих свойств изолятора после пребывания в условиях предельного увлажнения.

На втором этапе экспериментов в том же изоляторе был сделан поперечный пропил, имитирующий трещину в районе муфты изолятора. Изолятор был погружен в ванну с водой на сутки.

После того как изолятор с дефектом был освобожден от воды, на него было подано напряжение 25 кВ и велось непрерывное наблюдение с помощью тепловизора. До определенного времени с начала подачи напряжения изолятор вел себя так же, как и в первом эксперименте. Однако, начиная с 45 минуты, тепловизионная картина изолятора существенно изменилась. Наблюдался градиент температур фарфоровой крышки под верхней юбкой изолятора. Дальнейшие наблюдения за состоянием изолятора с помощью тепловизора показали, что наблюдавшийся градиент температур постепенно снижался и постепенно исчез.

Проведенный эксперимент показал, что выявление характерного дефекта проходных в виде поперечной трещины фарфоровой крышки в области заземляющей муфты возможно при нестационарном состоянии изолятора во время его высыхания после естественного увлажнения.

Полученные результаты не являются окончательными и требуют дальнейших экспериментальных и теоретических исследований.

УДК 621.315

ИЗУЧЕНИЕ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ХОЛОДНОМ КЛИМАТЕ

Н.Р. ГАТАУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.М. ВАЛИУЛЛИНА

Элегаз – это шестифтористая сера, при 101,325 кПа и 20 °С газообразное вещество. Получено искусственно в результате деятельности человека. В последние десятилетия широко распространилось его внедрение в промышленность. Он выполняет функцию электрической изоляции внутри выключателей и распределительных устройств. Это подтверждается более высоким пробивным напряжением по сравнению с минеральным маслом и воздушной средой, хорошей теплоотводящей и дугогасительной характеристикой элегаза. При соблюдении необходимых правил техники безопас-

ности, требований и рекомендаций по его эксплуатации, элегаз, по окончании срока службы, может быть переработан промышленным способом (например, в соли кальция), или очищен для дальнейшего использования.

Актуальность его изучения касается также возможности его использования в районах с суровым климатом, где зимняя температура может опускаться ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. При таком условии возникает много требований, направленных на поддержание физико-химических свойств элегаза и параметров конструкции, внутри которой он находится, в состоянии, способном обеспечить нормальную работу всего высоковольтного оборудования. Как известно, при давлениях, обеспечивающих необходимое состояние элегаза в рабочем оборудовании, уменьшение температуры окружающей среды может привести к частичному сжижению элегаза, что является собой ухудшение его ценных характеристик. В конкретном случае это явление вынуждает к поиску индивидуального решения.

УДК 621.311.13

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

И.И. НИЗАМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН;

канд. техн. наук Ю.А. ВАСИЛЬЕВ

На питающих или смежных линиях электропередач 110-220 кВ промышленных предприятий с непрерывными технологическими процессами (НТП) неизбежны короткие замыкания, вследствие которых происходят кратковременные нарушения электроснабжения (КНЭ) – провалы напряжения. Перерыв питания в ряде случаев приводит к нарушению НТП и, как следствие, финансовым убыткам (брак, недовыпуск продукции, затраты на восстановление цикла, повреждение оборудования), угрозе для жизни людей и окружающей среды и пр.

Согласно ПУЭ, следует выбирать наиболее надежные и менее затратные способы устранения последствий от КНЭ из вариантов электротехнического и технологического резервирования. Решение принимается исходя из соотнесения минимально допустимых по условию непрерывности тех-

нологических, временных параметров НТП и обеспечения соответствующей надежности системы электроснабжения.

Произведен анализ характера изменения работы при КНЭ типовых блоков «электроприемник – агрегат» (электропривод с различными механизмами и электротехнологические установки) с учетом ограничений по условиям технологической среды. Произведено их ранжирование исходя из сравнения скорости снижения технологического параметра и, соответственно, времени допустимого перерыва электроснабжения, не приводящему к нарушению НТП. Предложен параметр оценки степени чувствительности к факторам КНЭ типовых технологических агрегатов. При этом использование принципа единства энергии провала несколько расширяет границы исследования и позволяет использовать помимо электротехнологических мер дополнительные инструменты повышения живучести всей цепочки от поставки электроэнергии до получения готового продукта.

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 621.365.5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ-НАГРЕВА И ПЛАВЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ

С.Р. ГАНИЕВА, КНИТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.И. АНФИНОГЕНТОВ

Большое внимание специалисты в области энергетики уделяют внедрению энергоэффективных технологий и оптимизации режимов функционирования промышленного оборудования.

Основной трудностью задач теплообмена является необходимость учета агрегатного состояния среды, в результате чего задача становится нелинейной. В задачах типа Стефана не учитывается наличие связанной воды и движение влаги. На границе фазового превращения все время сохраняется постоянная температура. При движении поверхности фазового превращения происходит выделение (или поглощение) скрытой теплоты плавления (или затвердевания). Решение подобного рода задач имеет большое практическое значение в металлургии, строительной теплотехнике и в других прикладных дисциплинах.

В данном докладе рассматривается задача оптимизации и управления процесса СВЧ-плавления диэлектрика при заданном законе движения межфазной границы с учетом термодинамических характеристик смачивания. Численным методом определяется функция управления электромагнитным полем, которая соответствует движению границы фазового перехода с постоянной скоростью. В такой постановке задача СВЧ-плавления диэлектрика становится линейной за счет того, что положение межфазной границы известно в любой момент времени. В работе были проведены исследования влияния скорости смачивания диэлектрика на интенсивность СВЧ-нагрева и плавления диэлектрика.

УДК 681.3

ПРИМЕНЕНИЕ СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП В ПРИБОРЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Р.И. ЗАГИДУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Ю. СИТНИКОВ

Использование для преобразования сигнала с датчика температуры (термопары типа K) традиционного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) многотактного интегрирования (ICL7106), входящего в состав большинства цифровых мультиметров, имеет ряд недостатков. Основной из них состоит в том, что интегрирование входного сигнала занимает в цикле преобразования только приблизительно третью часть. Две трети цикла преобразователь не принимает входной сигнал.

В основе прибора для измерения температуры суспензии при нестационарных процессах в условиях множественных химических реакций предложено использовать сигма-дельта АЦП высокого разрешения ПИ-7159. Применение цифрового фильтра нижних частот в составе сигма-дельта АЦП вызывает переходные процессы при изменении входного напряжения. Время установления цифровых КИХ-фильтров (с конечной импульсной характеристикой) составляет для фильтра вида $(\sin x/x)^3$ четыре периода частоты отсчетов, а при начальном обнулении фильтра – три периода.

Сравнение сигма-дельта АЦП с АЦП многотактного интегрирования показывает значительные преимущества первых. Прежде всего, линейность характеристики преобразования сигма-дельта АЦП выше, чем у АЦП многотактного интегрирования. Интегратор сигма-дельта АЦП работает в значительно более узком динамическом диапазоне, и нелинейность переходной характеристики усилителя, на котором построен интегратор, сказывается значительно меньше. Емкость конденсатора интегратора у сигма-дельта АЦП значительно меньше (десятки пФ), так что этот конденсатор может быть изготовлен прямо на кристалле ИМС. Как следствие, сигма-дельта АЦП практически не имеет внешних элементов, что существенно сокращает площадь, занимаемую им на плате, и снижает уровень внешних шумов. К тому же, сигма-дельта АЦП начинает давать правильный результат через 3 или 4 отсчета после скачкообразного изменения

входного сигнала, что при величине первой частоты режекции, равной 50 Гц, и 20-разрядном разрешении составляет 60...80 мс, а минимальное время преобразования АЦП НИ-7159 для 18-разрядного разрешения и той же частоты режекции составляет 140 мс.

УДК 681.391:543/545

ОЦЕНИВАНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПИКОВ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРА

А.А. НАУМОВ, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Т. САЙФУЛЛИН

Выходной сигнал аналитического прибора $y(t)$ в большинстве случаев можно рассматривать как аддитивную смесь полезного квазидетерминированного N -компонентного сигнала $S(t)$, известного с точностью до параметров, и высокочастотной помехи $n(t)$, определяющей статистические характеристики $y(t)$:

$$y(t) = S(t) + n(t),$$

$$S(t) = \sum_{k=1}^N S_k(t).$$

Предполагается, что каждый компонент $S_k(t)$ по форме близок к некоторому стандартному пику, отличаясь от него положением μ_k на оси развертки t , шириной β_k и интегральной интенсивностью p_k . Первичная обработка выходного сигнала аналитического прибора заключается в определении информативных параметров пиков $p_i, \mu_i, \beta_i, i = 1, 2, \dots, N$.

Для определения этих параметров предлагается использовать непрерывное вейвлет-преобразование выходного сигнала анализатора. В данной работе используются гауссовы вейвлеты, определяемые как производные функции Гаусса. В задаче оценки параметров совмещенных сигналов необходимы вейвлеты 1-4-го порядков.

Для конкретных сигналов и вейвлет-функций возможно аналитическое вычисление непрерывного вейвлет-преобразования. Это позволяет по значениям вейвлет-коэффициентов определять информативные параметры пиков, входящих в состав исследуемого сигнала. Поскольку даже в случае зашумленных сигналов их вейвлет-образы имеют вид гладких кривых, возможно восстановление информативных параметров выходного сигнала аналитического прибора с достаточно высокой точностью.

Произведена проверка метода на модельных и реальных хроматографических сигналах.

УДК 628.237

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.М. АЛИЕВ, А.И. МАГОМЕДОВ, Институт (ф) МГОУ, г. Махачкала
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. МАГОМЕДОВ

Видное место среди важных практических задач занимают задачи построения логико-лингвистических моделей управления сложными техническими системами, решение которых в самом общем виде сводится к формированию описаний опознаваемых ситуаций и построению процедур распознавания этих ситуаций. Решение таких задач на вычислительных машинах последовательного действия требует значительных временных затрат и большого объема оперативной памяти, что определяется, главным образом, ассоциативным характером процедур распознавания, требующих параллельного выполнения однотипных операций над большим числом данных в реальном масштабе времени. Поэтому работы, посвященные построению параллельных высокопроизводительных процессоров обработки нечеткой информации, являются актуальными.

В работе разработаны и исследованы нечеткие алгоритмы управления, выбраны базовые операции, разработана схема процессорной ячейки и построен трехмерный параллельный процессор для хранения и обработки нечеткой информации. Приведены аналитические выражения оценки аппаратных и временных затрат на реализацию нечетких алгоритмов на нечетком процессоре управления.

УДК 62-523.8

СИСТЕМА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ НА БАЗЕ МУЛЬТИКОПТЕРОВ

Ш.Р. АХМЕРОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.С. ФЕТИСОВ

Мультикоптеры – малые беспилотные летательные аппараты вертолетного типа, обладающие следующими преимуществами перед другими видами летательных аппаратов: низкая стоимость, возможность полета на очень низких высотах, способность зависания в воздухе и полета в режиме

слежения. Грузоподъемность мультикоптеров составляет 2-5 кг, что позволяет размещать на них различные датчики, для обеспечения измерений. Мультикоптеры являются очень дешевым и эффективным способом измерения атмосферных параметров, что особенно актуально для метеорологических служб; кроме того, их можно применять для измерения состояния загрязненного воздуха, радиоактивной обстановки в воздухе.

Единственный недостаток мультикоптеров – небольшое время полета (около 30 минут). Увеличение времени полета путем установки на мультикоптерах более мощных аккумуляторов не представляется возможным. Решить данную проблему предлагается путем использования наземной зарядной станции и группы мультикоптеров. Когда один мультикоптер при исполнении полетных обязанностей находится на объекте, другие мультикоптеры находятся на зарядной станции. Требуется, кроме того, автоматическая работа такой системы. Предлагаемая система включает в себя группу беспилотных летательных аппаратов, зарядную станцию, станцию управления и соответствующее программное обеспечение такой системы.

УДК 621.311.61

ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЗАРЯДНОГО ТЕРМИНАЛА ДЛЯ МУЛЬТИКОПТЕРОВ

Ш.Р. АХМЕРОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.С. ФЕТИСОВ

В настоящее время большой актуальностью обладают вопросы разработки и построения зарядных терминалов для мультикоптеров, ввиду небольшого времени полета последних. Рассматривается несколько вариантов реализации зарядных терминалов: двухконтактные терминалы, одноконтактные терминалы, бесконтактные терминалы.

Двухконтактный терминал представляет собой устройство с двумя традиционными разъемами (+, –). Очевидными преимуществами такого варианта являются простота конструкции и высокий к.п.д. К недостаткам можно отнести высокие требования к качеству гальванической связи и необходимость очень точной посадки БПЛА на терминал зарядки.

Принцип работы одноконтактного терминала основан на высокой частоте передачи энергии только через один провод. В этом случае площадкой для посадки может служить металлическая пластина достаточно

большого размера. Коэффициент полезного действия такого терминала ниже, чем для традиционного двухконтактного терминала.

Терминал беспроводной зарядки основан на передаче электромагнитной энергии высокой частоты от наземного источника к аккумулятору посредством связанных резонансных контуров.

В заключение стоит сказать, что при втором и третьем методе нет необходимости точного позиционирования на зарядном терминале, однако эти методы обладают более низким к.п.д. Поэтому предлагается использовать двухконтактный метод зарядки с применением так называемой матрицы «умных контактов», что позволяет объединить преимущества всех вышеперечисленных методов.

УДК 681.1

ВЫСОКОТОЧНЫЙ ОБЪЕМНЫЙ КАМЕРНЫЙ СЧЕТЧИК ЖИДКОСТИ И ГАЗА – РИНГ

И.А. АХМЕТОВ, Р.А. ШАКИРОВ, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. ст. преп. Е.С. АНОХИНА

Экономика и успех многих хозяйствующих объектов находится в прямой зависимости от точности измерений. Повышенная погрешность измерения нефти или другого энергоносителя вытекает в огромные финансовые потери передающей или принимающей стороны. Так, например, нефтегазовые компании стремятся минимизировать погрешности в измерениях и их требования к точности постоянно растут. Существующие способы и средства измерения в настоящий момент не в полной мере способны решать задачу измерения объема газожидкостного потока.

Измерение объема камерным счетчиком РИНГ не позволяет обеспечить измерение объема с высокой точностью из-за наличия неконтролируемых зазоров в измерительном блоке, через которые проходит измеряемое вещество. При вращении измерительного органа, между шибером и внутренней частью корпуса остается зазор, через него проходит часть объема потока жидкости, которую не удается измерить.

В условиях эксплуатации счетчика РИНГ у измеряемого потока вязкость, давление постоянно меняется; изменяются также зазоры в измерительном тракте счетчика, а также изменяются силы трения. Все это приводит к неконтролируемому изменению метрологической характеристики счетчика.

Требуется разработка устройства, которое позволило бы исключить все вышеизложенные воздействующие факторы потока на него.

В данной системе осуществляется контроль и поддержание на одном уровне величины гидравлического сопротивления в измерительном тракте счетчика РИНГ, применяется электродвигатель и частотный преобразователь. Специально разработанный алгоритм управления электродвигателем вращающего измерительный орган счетчика обеспечит высокую точность, и позволит создать совершенно новую систему учета жидкости, газожидкостной смеси или растворов различных веществ.

Реализация этого проекта позволит исключить эту погрешность посредством исключения сил трения и поддержания гидравлических потерь в измерительном тракте на постоянной величине и близкой к нулю.

УДК 621.313

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ

В.Е. ВАВИЛОВ, А.М. ЯКУПОВ, В.С. ДУРАКОВА, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.Х. ХАЙРУЛЛИН

При проектировании систем магнитной левитации (СМЛ) необходимо взаимодействие нескольких программных продуктов для решения разносторонних задач. Сложность каждого отдельного пакета диктует наличие специалистов по каждому из них, что в свою очередь связано с существенными экономическими и временными затратами.

Ввиду этого важно разработать программное обеспечение позволяющее производить математические расчеты с возможностью автоматической передачи в систему автоматизированного проектирования (САПР) более сложного уровня, и работой в них без участия человека.

Данная САПР позволяет минимизировать ошибки связанные с человеческим фактором и экономические затраты.

Таким образом, задачей данной работы является создание и разработка замкнутой САПР СМЛ.

Для решения поставленной задачи авторами разработано программное обеспечение, включающее в себя автоматизированное взаимодействие нескольких систем САПР:

– расчетный модуль – подпрограмма, реализованная на высокоуровневом языке программирования *Microsoft Visual Basic for*

Applications (VBA) 2011. Данный модуль разработан на основе оригинальной методики расчета СМЛ;

– модуль твердотельного моделирования – представляет собой взаимодействие расчетного модуля и программного пакета *SolidWorks*. По данным, полученным из расчетного модуля в программном пакете *SolidWorks*, автоматически разрабатывается твердотельная модель СМЛ. При этом возможна автоматическая разработка конструкторской документации;

– модуль моделирования – представляет собой взаимодействие расчетного модуля и программного пакета *AnsysWB*. Данный модуль автоматически рассчитывает трехмерное электромагнитное поле и силовые характеристики СМЛ.

Разработанная замкнутая САПР СМЛ может быть применена на практике при проектировании СМЛ.

УДК 519.688

РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ И ПРОГРЕВА ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ТРЕХМЕРНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

Д.А. ЖЕЛНЕРОВИЧ, КемГУ, г. Кемерово
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Н. ЗАХАРОВ

В данной работе исследуется течение и прогрев вязкой несжимаемой жидкости в цилиндрическом канале. Рассматриваемые задачи являются одним из этапов создания программного комплекса для расчета топочных котлов с закрученным теплоносителем. Такого рода котлы состоят из системы труб, соединенных специальным образом, что обеспечивает закрутку теплоносителя – жидкости. Основной целью работы является наиболее точное моделирование процессов, происходящих в топочных котлах с закрученным теплоносителем, а также доказательство того, что закрученный теплоноситель положительно влияет на к.п.д. системы.

Для стационарной системы уравнений Навье-Стокса, описывающей движение вязкой несжимаемой жидкости, строится разностная схема, аппроксимирующая эту систему. Методом минимальных невязок неполной аппроксимации решается получившаяся дискретная задача. На основе рассчитанных таким образом данных о скорости и характере движения жидкости решается задача теплопереноса, представляющая собой уравнение переноса энергии с конвективным и диффузионным членами. Для численного решения дифференциального уравнения используется схема стабили-

зирующей поправки. В итоге, построив математическую модель системы, аппроксимировав её и используя численные методы для её решения, удалось получить некоторые результаты, подтверждающие ниже описанные процессы, происходящие в системе.

Тепло передается от прогретых стенок цилиндра жидкости, которая, за счет закрученных линий тока, уносит полученную энергию от стенок к осевой части цилиндра. Также, вследствие оттока тепла от стенок, сохраняется некоторый перепад температур между стенками и прилегающими к ним слоями жидкости, что обеспечивает более интенсивный прогрев.

На данный момент ведется дальнейшая работа над теоретической и практической частями этого исследования. Происходит корректировка модели и численных алгоритмов, для более точного сопоставления с реальной задачей, проводятся численные эксперименты.

Литература

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Т. 1 / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1980. – 492 с.
2. Роуч П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
3. Захаров Ю.Н. Градиентные итерационные методы решения задач гидродинамики / Ю.Н. Захаров. – Новосибирск: Наука, 2004. – 239 с.

УДК 681.391:543/545

РАЗДЕЛЕНИЕ СОВМЕЩЕННЫХ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ НЕСЕЛЕКТИВНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

С.С. АЛЕКСАНДРОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Т. САЙФУЛЛИН

Для определения качественного и количественного состава сложных смесей веществ используются гибридные методы, которые сочетают в себе достоинства хроматографии, позволяющей разделять компоненты сложных смесей, с многомерным детектированием, когда идентификацию компонентов можно производить по их спектрам. В этой связи перспективным

является использование мультidetекторной хроматографии, которая также формирует многомерный сигнал.

Для реализации мультidetекторной хроматографии необходимо к выходу хроматографической колонки подключить параллельно несколько детекторов. В качестве таких детекторов могут применяться детекторы разного принципа действия (катарометр, ДИП, плотномер и т.д.) либо детекторы одного принципа, но работающие в различных режимах.

Рассмотрим пример разделения двухкомпонентной смеси. Для этого используются два детектора, имеющих различную чувствительность к определяемым компонентам (рис. 1,а). Восстановление значений отсчетов компонент совмещенного сигнала производится по формулам:

$$Y_2^A = Y_2 \frac{R_{1,2}^B - R_{1,2}}{R_{1,2}^B - R_{1,2}^A}; \quad Y_2^B = Y_2 \frac{R_{1,2}^A - R_{1,2}}{R_{1,2}^A - R_{1,2}^B}.$$

Здесь Y_2 – сигнал 2-го детектора, $R_{1,2}$ – отношение сигналов Y_1 к Y_2 , $R_{1,2}^A$ и $R_{1,2}^B$ – отношения сигналов Y_1 к Y_2 по компоненту А и В соответственно.

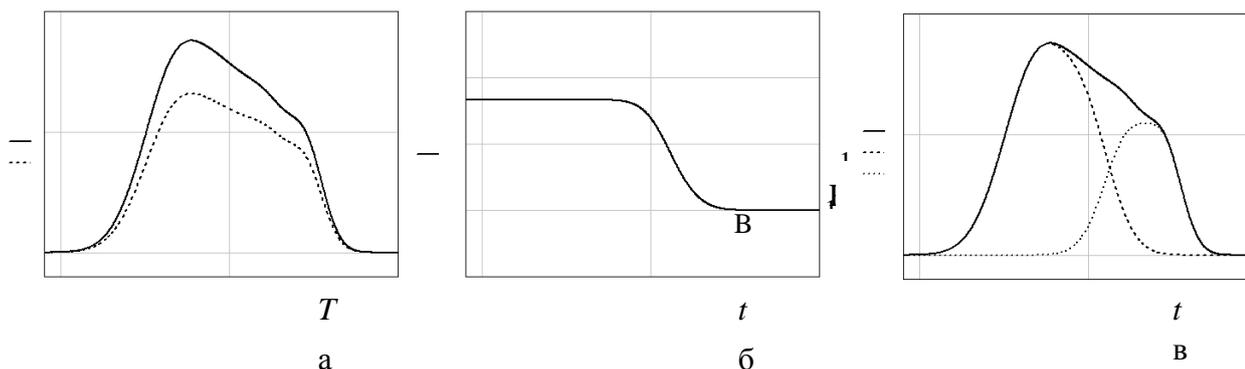


Рис. 1. Разделение двухкомпонентной смеси:

а – хроматограммы на выходе двух различных детекторов, б – отношение этих хроматограмм, в – результат разделения двухкомпонентной смеси

УДК 621.382.8

ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБВОДНЕННОСТИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Д.А. ТУМАНОВА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. ст. преп. Е.С. ВАШУРКИНА

Актуальной задачей электромагнитного контроля продукции нефтегазовых скважин является разработка новых, более эффективных схем построения электроемкостных преобразователей, их комплексирование, резкое увеличение объема измерительной информации о параметрах двухфазных и трехфазных газодонефтяных потоков, алгоритмов идентификации и контроля водонефтяных эмульсий, позволяющих повысить надежность и достоверность процессов оперативного диагностирования качества промышленной нефти.

Современные датчики, с использованием диэлькометрического метода измерения влажности, который связан функциональной зависимостью с диэлектрической проницаемостью, при измерении влажности эмульсии типа «вода в нефти», не позволяют получить полное представление о потоке, так как зондирование потока происходит в одном направлении, в предложенном многоэлектродном преобразователе в процессе сбора данных происходит опрос различных частей поперечного сечения трубопровода, в котором движется поток, измерение ёмкости между различными парами электродов.

Работа информационно измерительной системы осуществляется в несколько этапов:

- 1) калибровка прибора в двух режимах;
- 2) измерение сигнала многоэлектродным электроемкостным преобразователем (МЭП) в двух режимах;
- 3) определение типа эмульсии;
- 4) определение диапазона данных;
- 5) медианная фильтрация;
- 6) анализ результатов измерения.

Полученные в результате физического моделирования данные позволяют обоснованно подойти к выбору основных конструктивных параметров МЭП при проектировании информационно измерительной системы, предназначенных для работы в трубопроводных системах с различным

диаметром труб, обеспечить при этом инвариантность аппаратной реализации средств контроля.

УДК 621.31

СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА

Е.С. ХЛЫСТОВА, А.А. ГЛАЗУНОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. доц. Т.Ю. ВОЛКОВА

Шумы оказывают вредное действие, которое зависит от: уровня интенсивности шума, спектрального состава, продолжительности и распределения шума в течение рабочего дня, общей продолжительности действия в течение жизни и состояния организма человека.

Целью работы является оценка эффективности средств индивидуальной защиты человека от шума и разработка подобных средств, применяемых в условиях современной комплексной автоматизации производства.

Авторами проведен сравнительный анализ, в результате которого выявлено, что наиболее распространены средства индивидуальной защиты – наушники и вкладыши: наушники типа ВЦНИИОТ, в области низких частот их эффективность невелика, что позволяет контролировать работу механизмов на слух и слышать в наушниках разговорную речь. Известен зарубежный аналог наушники *Peltor*; вкладыши «Беруши», изготовляемые из ультратонких перхлорвиниловых волокон, которые обладают антисептическими и бактерицидными свойствами, не вызывают раздражение кожи, не изменяют своих свойств в широком диапазоне температур от -50 до +60 °С, при этом снижают уровень внешнего шума на 17-30 дБ.

Авторами разработаны наушники с отбором частоты (НОЧ), которые выполнены в форме ушной раковины и тем самым являются «заглушкой» от всех звуков. НОЧ настраиваются на пропускание звуков определенной частоты, безвредных для человека. НОЧ имеют микрофон, который принимает звуковой сигнал, и, в зависимости от частоты сигнала, либо передает его пользователю, либо нет. НОЧ являются компактными, беспроводными, т.е. не мешают трудовой деятельности человека. Настройка НОЧ производится посредством компьютера. С экономической точки зрения, НОЧ доступны для большинства потребителей.

УДК 621.31

БЕСПРОВОДНЫЕ ДАТЧИКИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Ф.Ф. ХУСАИНОВ, УГНТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.И. ХАКИМЬЯНОВ

Одним из перспективных направлений развития систем управления электроприводами является построение информационных сетей с использованием беспроводных датчиков технологических параметров.

Основными эксплуатационными недостатками беспроводных датчиков являются неудобства, связанные с необходимостью регулярной замены элементов питания, а также ограниченное применение из-за климатических условий [1].

Однако в настоящее время появились новые виды химических элементов питания, которые имеют высокую емкость и сохраняют работоспособность в широком температурном диапазоне (могут работать как в скважинах при высоких температурах (до 80...100 °С), так и в зимних условиях (до -40...55 °С)). С другой стороны, появление современных микроэлектронных компонентов с низким энергопотреблением позволяет также значительно увеличить ресурс работы датчиков без замены элементов питания до нескольких лет.

Следует отметить, что существуют некоторые классы датчиков, для работы которым не требуются химические элементы питания. Такие датчики электрических величин (мощности, показателей качества электроэнергии) могут получать питание от цепей, параметры которых они измеряют. Датчики усилия и деформации могут питаться за счет энергии, вырабатываемой пьезогенераторами при периодическом характере нагружения. Перспективными направлениями применения беспроводных датчиков являются электроэнергетика, нефтедобывающая промышленность и другие отрасли промышленности.

Литература

1. Хакимьянов М.И.. Беспроводные технологии в промышленных датчиках // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвуз. сб. науч. тр. / редкол.: В.А. Шабанов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010. – С. 189-198.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

О.И. ИЛЛАРИОНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.К. БУДНИКОВА

Рыночный отпуск электроэнергии по заявкам предприятий в настоящее время приобретает все более массовый характер, поскольку при переходе предприятия с регулируемого сектора на сектор свободной торговли можно добиться существенной экономии средств. Но у каждого решения есть и своя цена. При переходе в сектор свободной торговли, помимо выигрыша от участия в конкурентных торгах, предприятие берет на себя некоторый риск, который связан с невозможностью точного планирования заявки на потребление электроэнергии.

В новых рыночных условиях актуальна задача анализа общей картины потребления ЭЭ с учётом всех ее входных технологических характеристик, а также оценка каждой подобной характеристики в отдельности для выработки мероприятий, связанных с планированием расхода электроэнергии и снижения возникающих ее потерь.

Отмеченные обстоятельства требуют применения новых математических методов, позволяющих найти эффективные решения в условиях многокритериальности входной информации, с одной стороны, и дефицита исходных данных – с другой.

В данной работе исследовалась структура продаж на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) в течение трех лет. Проведен анализ объема мощности поставляемой по регулируемым и свободным договорам, а также объема электроэнергии поставляемой:

- по регулируемым договорам;
- на рынок «на сутки вперед»;
- на балансирующий рынок;
- по свободным договорам.

Исследования проведены с применением метода кластерного анализа и высокоавтоматизированной статистической обработки данных в пакете Statistica.

Полученные результаты позволяют рекомендовать данную методику для обработки статистических данных с целью формирования прогнозов для управления процессом сбыта электроэнергии и расчета возможных рисков.

УДК 621.315.2

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ «АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦВМ»

Р.Д. КАДЕРМЯТОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. ХАЛИДОВ

В настоящем постиндустриальном обществе роль информационных технологий чрезвычайно важна, они занимают сегодня центральное место в процессе интеллектуализации общества, развития его системы образования и культуры. Их широкое использование в самых различных сферах деятельности человека диктует целесообразность наискорейшего ознакомления с ними, начиная с ранних этапов обучения и познания.

Проблема создания обучающих программ или курсов является актуальной. Объектом нашего исследования является обучающая программа, а предметом – методика разработки сценария обучающей программы.

Электронное средство обучения – это обучающая программная система комплексного назначения, которая обеспечивает непрерывность и полноту дидактического цикла процесса обучения, предоставляет теоретический материал, обеспечивает тренировочную учебную деятельность, осуществляет контроль уровня знаний, а также обеспечивает информационно-поисковую деятельность, математическое и имитационное моделирование с компьютерной визуализацией.

Разрабатывается программа для изучения арифметических основ ЦВМ на объектно-ориентированном языке программирования C++.

УДК 621.165.46.001

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ С УЧЕТОМ СКРЫТЫХ ЕГО НЕИСПРАВНОСТЕЙ

А.Я. ЛАТЫПОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Н. ШАРИФУЛЛИН

Раннее обнаружение и диагностика неполадок позволяют установить истинное состояние оборудования и во время провести его ремонт, что приводит к снижению издержек и повышению надежности производства.

Данная работа посвящена моделированию неполадок трубчатых тепловых аппаратов.

Диагностика толщины отложений на поверхности трубок δ , при условии сохранения поверхности теплопередачи на проектном уровне, осуществляется через текущее значение коэффициента теплопередачи K_T .

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{K_T^0} + \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1)$$

где K_T^0 , K_T – коэффициенты теплопередачи в начальный и текущий моменты времени; λ – коэффициент теплопроводности отложений.

При моделировании процесса с учетом этого вида неисправности задавались различные распределения толщины отложений по длине трубок $\delta = \delta_0 + \delta(l)$, в результате было установлено наихудшее распределение при той же массе отложений.

При моделировании процесса с учетом коррозии трубок задавались уже убывающие зависимости $\delta = \delta_0 - \delta(l)$, в результате было установлено влияние коррозии на различных участках трубок теплообменника.

Третью неполадку – засорение трубок можно установить по двум показателям: 1) резкому увеличению потерь напора в теплообменнике, 2) снижению скорости теплопередачи. Второй показатель можно использовать для определения степени засорения трубок методом параметрической идентификации на основании того, что следствием засорения трубок является уменьшение активной поверхности теплопередачи.

УДК 621.311

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Э.Р. МАРДАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.К. БУДНИКОВА

Статистические методы, основанные на использовании математической статистики, являются эффективным инструментом сбора, анализа и интерпретации информации о качестве. Применение этих методов позво-

ляет с заданной степенью точности и достоверности судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе менеджмента качества, прогнозировать и решать проблемы на всех этапах жизненного цикла продукции и на основе этого вырабатывать оптимальные управленческие решения.

Инструментом статистического контроля качества являются контрольные карты. Основная цель использования контрольных карт – отделить случайные отклонения измеряемой величины от постоянных отклонений, вызванных некоторой причиной. Контрольная карта позволяет не только обнаружить, какие либо отклонения от нормального хода процесса, но и в значительной степени объяснить причины этого отклонения.

Определение показателей качества электроэнергии – задача нетривиальная. Большинство процессов, протекающих в электрических сетях – быстротекущие, все нормируемые показатели качества электроэнергии не могут быть измерены напрямую – их необходимо рассчитывать, а окончательное заключение можно дать только по статистически обработанным результатам. Поэтому, для определения показателей качества электроэнергии, необходимо выполнить большой объём измерений с высокой скоростью и одновременной математической и статистической обработкой измеренных значений.

В данной работе используются статистические методы контроля качества, реализованные в пакете Statistica.

В пакете Statistica строятся и анализируются разные типы контрольных карт, на которых откладываются различные тестовые характеристики для исследования параметров качества электроэнергии.

Контроль качества электроэнергии подразумевает оценку соответствия показателей установленным нормам, принятия решения по объекту контроля в зависимости от конкретной постановки задачи, а также определение стороны виновной в ухудшении этих показателей.

УДК 004.658.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ВВОДА ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАЯВЛЕНИЙ АБИТУРИЕНТОВ И ЛИЧНОГО КАБИНЕТА АБИТУРИЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ SILVERLIGHT

А.В. МОМОТ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.Е. ЛЕОНТЬЕВ

В настоящий момент в КГЭУ успешно внедрен и используется программный комплекс по поддержке электронного документооборота приемной комиссии и студенческого отдела кадров. Эта система позволяет автоматизировать процесс поступления абитуриентов в КГЭУ, обеспечивает учёт документов поданных абитуриентом, обеспечивает учёт результатов вступительных экзаменов, а также предоставляет возможность сбора информации о претендентах представленных к зачислению. Разработан программный механизм миграции данных о зачисленных абитуриентах из информационной базы приемной комиссии в студенческий отдел кадров на основании приказов о зачислении, сформированных приемной комиссией.

Для этого необходимо спроектировать и разработать целый комплекс программных средств и реализовать с использованием технологии SILVERLIGHT, которая является общепризнанным лидером среди инструментов для создания приложений и систем.

В дальнейшем будет разработан и реализован интернет-сайт для подачи электронных заявок абитуриентами по выбранным специальностям. Данный ресурс будет осуществлять сбор электронных данных, проверять корректность введенных данных и автоматически рассылать электронные формы заполненного заявления на электронную почту абитуриента.

В результате будет спроектирован комплекс программных средств для учета и обработки поданных электронных заявлений абитуриентами через Интернет-ресурс.

УДК 004.89

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МАНИПУЛЯЦИОННОГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТИ

Т.И. НАЗМЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Г. НИКОЛАЕВА

Прогнозирование траектории движения манипулятора промышленного робота или, например, «руки» робота, дистанционно выполняющего хирургическую операцию, является актуальной задачей, относящейся к тактическому уровню управления отдельным элементом сложной системы.

Рассматривалось движение манипуляционного робота, состоящего из двух звеньев, в плоской системе координат. Выборка для обучения нейронной сети, решающей прямую задачу кинематики, формировалась для всех возможных положений манипулятора с учетом ограничений на величину углов разворота.

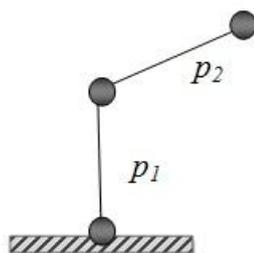


Рис. 1. Манипуляционный двухзвенный робот

Текущие координаты манипулятора вычислялись на каждом шаге по формулам

$$x = \sin(p_1) + \sin(p_1 + p_2) \text{ и } y = \cos(p_1) + \cos(p_1 + p_2),$$

где p_1 и p_2 – звенья робота.

Рабочая нейросеть состояла из двух входов и двух выходов, имела скрытый слой. Для минимизации расхождения между координатами целевой точки и захвата робота применялся градиентный метод, а нейросеть вычисляла вектор антиградиента в каждом конкретном положении захвата, показывая направление движения к целевой точке.

Обучение нейронной сети проводилось в приложении NeuralNetworkToolbox пакета MatLab. В перспективе предполагается сравнить работу нейросетей разных структур для задачи планирования управлением движения манипулятора.

АЛГОРИТМ МНОГОВАРИАНТНОГО МАРШРУТИЗАТОРА СЕТИ

А.И. НОВИКОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Т.Р. АБДУЛМЯНОВ

Многие задачи проектирования сетей связи, дорог, выбора маршрутов движения, оптимизации схем в микроэлектронике и др. могут быть сформулированы в виде математической задачи на графах. В этом случае эффективность решения практической задачи зависит от разработки или выбора эффективного метода решения задачи на графах, алгоритма нахождения кратчайших путей на графах. Основными алгоритмами решения таких задач являются: алгоритмы построения остовного дерева сети (метод Крускала, метод Прима), алгоритмы нахождения кратчайших путей на графах (метод Дейкстры, метод динамического программирования).

Сравнивая эффективность применения алгоритма для решения задачи, выделим три главных критерия:

- 1) простота алгоритма;
- 2) минимальность длины объектного кода, реализующего данный алгоритм;
- 3) затраты времени на разработку программы, ее отладку и адаптацию к новым условиям;
- 4) затраты времени на решение задачи при помощи программы.

Многовариантным маршрутизатором сети будем называть такое устройство или алгоритм, который позволяет определить не только оптимальное решение, но и оценить другие варианты решения задачи (при необходимости все решения) по степени близости к оптимальному.

Для разработки такого многовариантного маршрутизатора можно использовать алгоритм полного перечисления остовов (ППО) графа. Прототипом алгоритма ППО является метод Крускала.

В данной работе рассматривается алгоритм (блок-схема) метода полного перечисления остовов графа. Проведен сравнительный анализ алгоритма ППО с алгоритмом его прототипа, алгоритмом метода Крускала.

УДК 681.3

СХЕМОТЕХНИКА ИНВЕРТОРНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА

А.П. ПАХОМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Ю. СИТНИКОВ

Современные силовые устройства преобразования параметров электроэнергии строятся на силовых полупроводниковых ключах, отличающихся от биполярных транзисторов.

В проектируемом инверторном источнике тока с характеристиками $P_{\max} = 4$ кВт, $f_{\text{преобр.}} = 50$ КГц предпочтительно использовать IGBT транзисторы, которые обеспечивают высокую эффективность и могут понизить общую стоимость системы, и в сравнении с MOSFET транзисторами обладают рядом преимуществ: экономичностью управления, высокой плотностью тока – такой же, как и у биполярных транзисторов, меньшими потерями импульсных токов, возможностью параллельного соединения для работы на общую нагрузку.

Интегральные схемы управления IGBT транзисторами (драйверы) должны обеспечивать достаточную выходную мощность и максимальный выходной ток драйвера должен превышать входной ток затвора IGBT транзисторов, с учетом их параллельного включения.

В последнее время фирмы-производители полупроводниковых приборов начали выпускать различные драйверы отдельных транзисторов полумостовых и мостовых схем, выдерживающие напряжение до 600 В. Такие драйверы выпускаются ведущими мировыми производителями, в частности фирмой International Rectifier (IR2110).

Выходная часть источника инверторного типа может быть построена по мостовой или полумостовой схеме. Схема «косой полумост» содержит наименьшее число деталей.

Использование приборов в корпусах ТО-247 со встроенными обратными быстродействующими диодами становится особенно предпочтительным при разработке инверторов. В этом случае требуемое число силовых полупроводниковых компонентов уменьшается на 50 % по сравнению с использованием IGBT и диодов в виде отдельных элементов.

По современным мировым стандартам источник питания мощностью более 75 Вт должен быть оснащен корректором коэффициента мощности. Цель использования корректора коэффициента мощности – сделать так, чтобы вход источника питания со стороны сети «выглядел» чисто актив-

ным сопротивлением, что позволяет амплитуде и огибающей входного тока быть пропорциональными и находиться в одной фазе с входным напряжением.

УДК 621.315.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АМПЛИТУДЫ И ЗАДЕРЖКИ СИГНАЛОВ ЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В.М. СОБОЛЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Т.К. ФИЛИМОНОВА

Одной из основных задач, возникающих при эксплуатации линий электропередачи, является оперативное определение неисправностей на линии. В КГЭУ на кафедре «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» разработан и реализован импульсный метод, позволяющий определить место и время повреждения и участок линии с гололедным образованием. Локационным методом регистрируются два основных параметра – дополнительная задержка $\Delta\tau$ и уменьшение амплитуды U отраженного сигнала. По изменению этих величин можно судить о повреждениях на линиях электропередачи.

Этим методом проводятся измерения на четырех действующих воздушных линиях электропередачи между подстанциями «Кутлу Букаш» и «Рыбная Слобода» 110 кВ длиной 40 000 м, между подстанциями «Кутлу Букаш» и «Нырты» 110 кВ длиной 37 800 м, между подстанциями «Кутлу Букаш» и «Богатые Сабы» 110 кВ длиной 45 700 м, между подстанциями «Кутлу Букаш» и «Кулуши» 110 кВ длиной 16 900 м.

Общая база данных значений амплитуды U и запаздывания $\Delta\tau$ зависимости от ситуации на линиях делится на три группы: штатное состояние линии, образование гололедных отражений и коммутационные помехи. Для всех трех групп проводится статистическая обработка измерений, которая включает в себя определение закона распределения значений амплитуды U и запаздывания $\Delta\tau$ для каждого месяца наблюдений на всех линиях, определение количественной оценки зависимости этих параметров от изменения температуры θ . Выявленные статистические зависимости $\Delta\tau = f(\theta)$ можно использовать для прогнозирования изменений средних значений $\Delta\tau$ при изменении температуры окружающей среды.

Для оптимизации процесса статистической обработки экспериментальных данных разрабатывается программа на объектно-ориентированном языке программирования C++.

УДК 681.518.3

СОЗДАНИЕ ПАССИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ: РЕЗИСТОРА, КОНДЕНСАТОРА И КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ В СРЕДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW

П.А. СТАХАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. КОСУЛИН

В настоящее время широкое распространение получили различные имитационные программные комплексы, симулирующие работу и протекающие физические процессы, как в отдельных составляющих измерительных схем, так и в готовых устройствах.

Стоимость программных комплексов, а также их несовместимость между собой – основной недостаток существующих программ-имитаторов. Данную проблему можно решить, используя для моделирования работы измерительных схем и устройств современные языки программирования позволяющие описать компоненты и устройства по известным математическим зависимостям. Одним из таких языков является среда графического программирования, основанная на языке G (graphics), под названием LabVIEW, разработанная фирмой National Instruments (США).

Для создания комплекса необходимо решить задачи, выполнение которых, в будущем, принесет успех данной разработке, а именно провести анализ таких элементов электрической цепи, как резистор, конденсатор, катушка индуктивности, транзистор и пр. Также необходимо приведение математической закономерности, описывающей принцип работы каждого рассматриваемого элемента электрической цепи.

Выбранная для решения задачи среда графического программирования LabVIEW обладает следующими преимуществами: у программы удобный и понятный интерфейс; для того чтобы разработать новый прибор, не нужно писать текстовый код. Благодаря тому, что многие фрагменты программы уже оформлены в виде готовых виртуальных приборов, то достаточно просто соединять друг с другом функциональные блоки программы

с помощью мыши, что существенно снижает затраты, усилия и время на разработку новых систем.

Технология виртуальных приборов позволяет осуществлять учебный эксперимент, практически с любой географической точки. Она повышает качество обучения, так как студент самостоятельно выполняет лабораторную работу, а не группой в 3-4 человека.

Созданный программный комплекс в LabVIEW может быть интегрирован в состав интернет-лабораторий, которые предоставляют доступ обучаемым к электронным образовательным ресурсам, методическому обеспечению лабораторных исследований, дополнительным материалам по разделам теоретического курса, связанных с проводимыми исследованиями.

На данный момент созданы три имитационные модели основных компонентов электрической цепи:

1) резистор – идеальный резистор, построенный на основе Закона Ома, а так же по таблице зависимости удельных сопротивлений и температурных коэффициентов обычных материалов при комнатной температуре;

2) конденсатор – идеальный конденсатор, построенный на основе известных математических зависимостей емкости конденсатора от диэлектрической проницаемости различных материалов;

3) катушка индуктивности – идеальная катушка, построенная на основе эмпирических формул. С помощью них можно определить индуктивности катушки в зависимости от количества слоев намотки провода, числа его витков, длины и высоты намотки, а также диаметра катушки.

Созданные модели электрорадиоэлементов позволяют проводить анализ и моделирование пассивных узлов ИИС.

Созданные модели позволяют проводить исследования без установленного пакета LabVIEW, так как среда программирования позволяет сохранять проекты в виде .EXE-файла.

УДК 004.045.00

СБОР И ПЕРЕДАЧА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Р.Р. ХАБИБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.А. ИШМУРАТОВ

Передача данных по радиоканалу в настоящее время приобретает все большую популярность благодаря неоспоримым преимуществам беспро-

водных систем, таких как мобильность, легкость монтажа, гибкость конфигурации, дополнительным функциональным возможностям. При этом выпускаемые современной промышленностью готовые электронные компоненты позволяют строить беспроводные радиосистемы как ближнего, так и дальнего радиуса действия.

Для организации радиосвязи ближнего радиуса действия наиболее удобным техническим решением является использование модулей приемников и передатчиков фирмы Telecontrolli, предназначенных для работы на свободно лицензируемой частоте 433 МГц. Эти модули позволяют, например, совместно с микросхемами кодера/декодера обеспечить надежную (с высокой степенью помехозащиты) передачу сигналов бинарного типа («да/нет»). Для передачи произвольных цифровых данных возможно использование радиомодулей совместно с микроконтроллером. Задачей последнего является цифровое кодирование – преобразование обычного потенциального представления бит в новый, например, манчестерский код, обладающего достаточной степенью помехозащищенности и самосинхронизации при передаче длинных последовательностей «0» и «1».

Современные беспроводные технологии с использованием инфраструктуры сети сотовой связи позволяют передавать информацию на значительно большие расстояния, чем позволяют микросборки радиомодемов. Для этого промышленностью выпускаются, ставшими популярными GSM-модемы, выпускаемые в двух вариантах – внешнем исполнении и непосредственно в виде отдельных микросхем.

Интегрирование двух типов беспроводных технологий – ближнего и дальнего радиуса действия – в одной комбинированной системе сбора данных позволяет объединить преимущества каждой технологии и повысить функциональные возможности распределенных беспроводных информационно-измерительных и управляющих систем.

СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ НАЛИЧИИ ИСТОЧНИКОВ, ИСКАЖАЮЩИХ СИНУСОИДАЛЬНОСТЬ КРИВОЙ НАПРЯЖЕНИЯ

А.Х. АБДУЛВАЛЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

В процессе выработки, преобразования, распределения и потребления электроэнергии имеют место искажения формы синусоидальных токов и напряжений. Источниками искажений являются синхронные генераторы электростанций, силовые трансформаторы, преобразовательные устройства переменного тока в постоянный и ЭП с нелинейными вольт – амперными характеристиками (или нелинейные нагрузки). Причиной возникновения несинусоидальности напряжения является наличие потребителей электроэнергии с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Создание имитационной модели для выявления искажений форм кривых токов и напряжений в сетях рудников рассмотрена в статье коллектива авторов *Норильского индустриального института*. Исследование с помощью имитационного моделирования ПКЭ в сети со скиповой подъемной машиной и АВК при типичном режиме их работы позволяет получить графики изменения напряжения с искажениями, характерными для узла нагрузки рудничных сетей Норильского промышленного района. Моделирование остальных электроприемников узлов нагрузки рудников даст возможность определить состав гармоник при их отдельной и совместной работе. Положительным итогом моделирования можно считать получение всех характерных искажений кривых напряжения в рудничных сетях, что будет служить основой для разработки методики выявления виновников искажения ПКЭ узла нагрузки.

Анализ работ в данной области позволяет оценить точность расчетов ПКЭ и подход к разработке различных методик приближения кривой напряжения к синусоидальной форме.

УДК 621.314.21-022.233

ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6-10/0,4 кВ

С.А. АЛЕКСАНДРОВ, (ф) НИУ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.И. ДОЛЕЦКАЯ

Силовые трансформаторы 6-10/0,4 кВ являются одним из основных элементов электрических сетей и от выбора этих элементов в значительной степени зависят технико-экономические показатели системы электроснабжения. В общем случае выбор мощности трансформаторов производится на основании расчетной нагрузки объекта, продолжительности максимума нагрузки, нагрузочной способности трансформаторов и их экономической загрузки. Но из-за наличия на современном рынке большого количества трансформаторов различных марок, конструкций, типов исполнения, а также вследствие быстроменяющихся цен на электрооборудование, в настоящее время актуальна проблема рационального выбора силовых трансформаторов.

Для решения данной задачи необходимо применение оптимизационных методов. Критерием оптимальности решения по выбору трансформаторов принята сумма дисконтированных затрат на строительство ТП и возмещение потерь электроэнергии в трансформаторе при его эксплуатации. Составленная математическая модель отражает зависимость затрат на сооружение и эксплуатацию ТП от ее мощности для различных марок трансформаторов.

При фиксированных значениях исходных параметров, входящих в математическую модель, и изменении мощности нагрузки возможно построение экономических интервалов мощностей силовых трансформаторов. Исследование экономических интервалов выявило экономически выгодные области применения трансформаторов различной мощности, которые зависят от их технических параметров и стоимостных показателей.

Анализ исходных данных показал, что математическая модель содержит величины, значения которых могут изменяться в широких пределах в зависимости от многих случайных факторов, определяемых особенностями технологического производства, трудового и бытового режима населения, организации эксплуатации сетей. Этими параметрами в рассматриваемой модели являются: расчетная нагрузка ТП, число часов мак-

симальных потерь мощности, удельные затраты на возмещение потерь электроэнергии.

При оптимизации мощностей трансформаторов с учетом неполноты и неопределенности исходной информации был использован метод районирования множества векторов состояния природы. В разработанной методике диапазон возможных значений обобщенных неопределенных параметров разбивается на ряд областей, в каждой из которых наилучшим является одно из стандартных значений мощности трансформатора.

УДК 676.013.6-81

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОСРЕДСТВОМ МИНИ-ТЭС

Д.З. АМИРДЗЯНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

В настоящее время вопросы, связанные с энергосбережением, а также с повышением энергоэффективности, являются наиболее приоритетными в рамках реализации государственной политики по развитию энергетического комплекса страны. В связи с этим большое значение приобретают современные проекты реконструкции действующих промышленных и районных котельных в мини-ТЭС, что позволяет решить проблему автономного энергоснабжения без значительных затрат времени и средств на строительство, а также создание новых малых энергетических объектов.

В работе рассмотрен вариант энергоснабжения промышленных предприятий посредством малых энергетических объектов – мини-ТЭС, использующих в качестве топлива уголь. Малая электростанция выступает в качестве основного источника питания для предприятий различных отраслей промышленности с учетом годового максимума и числа часов использования электрической нагрузки. Для каждого из рассматриваемых вариантов рассчитана энергетическая и термоэкономическая эффективность, определена стоимость электрической и тепловой энергии при использовании как местного, так и привозного топлива.

Полученные результаты могут быть использованы при выборе вида твердого топлива для объектов малой энергетики, обеспечивающих автономное энергоснабжение промышленных предприятий.

УДК 621.035

ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Н.В. АНИКИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Р. САФИН

Элегаз обладает высокими дугогасящими свойствами, которые используются в различных аппаратах высокого напряжения. Выключатели нагрузки элегазовые во многом напоминают конструкцию отделителей. Однако для успешного отключения тока в них предусматриваются устройства для вращения дуги в элегазе. В подвижный и неподвижный контакты встроены постоянные магниты из феррита, которые создают магнитные поля, направленные встречно. При размыкании контактов образуется дуга, ток которой взаимодействует с радиальным магнитным полем, в результате чего создается сила F , перемещающая дугу по кольцевым электродам. Вращение дуги в элегазе способствует быстрому гашению. Чем больше отключаемый ток, тем больше скорость перемещения дуги, это защищает контакты от обгорания. Контактная система описанной конструкции помещается внутри фарфорового корпуса, заполненного элегазом и герметически закрытого. Элегазовые выключатели могут отключать не только ток нагрузки, но и ток КЗ. Такие выключатели имеют дугогасительные устройства с автопневматическим дутьем. При отключении возникает дуга между неподвижными и подвижными контактами.

При отключении привод перемещает подвижную систему вниз, при этом элегаз сжимается в объеме между неподвижным поршнем и соплом. Как только контакты размыкаются, создается дутье через трубчатые контакты, а при дальнейшем ходе подвижной системы, когда трубчатые контакты выходят из сопла, создается сильный поток элегаза, который гасит дугу. Образующееся при гашении дуги небольшое количество продуктов разложения элегаза поглощается специальными фильтрами (4 шт на полюс). Удары при включении и отключении выключателя смягчаются буфером. Такой выключатель рассчитан на номинальный ток 1250 А, ток отключения 31,5 кА, собственное время отключения 0,06 с.

Достоинства элегазовых выключателей: пожаро- и взрывобезопасность, быстрота действия, высокая отключающая способность, малый износ, дугогасительных контактов, возможность создания серий с унифицированными узлами, пригодность для наружной и внутренней установки.

Недостатки: необходимость специальных устройств для наполнения, перекачки и очистки SF₆, относительно высокая стоимость SF₆, экологические проблемы эксплуатации.

УДК 621.311

МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Н.В. АНИСИМОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

В настоящее время большой интерес представляют исследования по поиску эффективных методов оценивания, прогнозирования и планирования потерь электроэнергии.

Одним из наиболее распространенных вероятностно-статистических методов оценки потерь электроэнергии является регрессионный анализ, позволяющий получить уравнение регрессии, связывающее потери с воздействующими на них обобщенными факторами.

Неполнота информации заставляет использовать методы расчета, основанные на тех или иных допущениях, определяющих предполагаемое влияние отсутствующей информации на результаты расчета. К таким методам можно отнести новые методы нечеткого регрессионного анализа.

Сегодня существует несколько подходов нечеткого регрессионного анализа.

1. Нечеткая регрессия, основанная на критерии минимизации нечеткости. Согласно этому методу коэффициенты регрессии являются нечеткими числами, которые могут быть выражены как числа интеграла со значениями принадлежности. Так как коэффициенты регрессии являются нечеткими числами, оцененная выходная переменная Y – также нечеткое число.

Нечеткий регрессионный анализ с только одной независимой переменной X имеет следующую двухкоэффициентную модель регрессии: $\tilde{Y} = \tilde{B}_0 + \tilde{B}_1 X$, где \tilde{B}_0 – нечеткий коэффициент пересечения; \tilde{B}_1 – нечеткий коэффициент наклона линии регрессии.

2. Нечеткая регрессия, комбинированная с методом наименьших квадратов. Данный метод включает два последовательных шага. Первый шаг использует обычный регрессионный анализ, в основе которого лежит метод наименьших квадратов для определения значения нечеткого центра нечетких коэффициентов регрессии. На втором шаге используется критерий минимальной нечеткости, чтобы найти нечеткий разброс нечетких коэффициентов регрессии, т.е. результаты первого шага используются в качестве значений центров нечетких коэффициентов регрессии.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЙ ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ НА УРОВЕНЬ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

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

Фактические потери электроэнергии определяют как разность электроэнергии, поступившей в сеть, и электроэнергией, отпущенной из сети потребителям. Эти потери включают в себя составляющие различной природы: потери в элементах сети, имеющие чисто физический характер, расход электроэнергии на работу оборудования, установленного на подстанциях и обеспечивающего передачу электроэнергии, погрешности фиксации электроэнергии приборами учета, хищения, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков.

Технические потери – сумма трех составляющих потерь в линиях и оборудовании электрических сетей:

- потерь, зависящих от нагрузки электрической сети (нагрузочные потери);
- потерь, зависящих от состава включенного оборудования (условно-постоянные потери);
- потерь, зависящих от погодных условий.

Технические потери электроэнергии, обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям и выражающимися в преобразовании части электроэнергии в тепло в элементах сетей. Технические потери не могут быть измерены. Их значения получают расчетным путем на основе известных законов электротехники.

Нагрузочные потери электроэнергии за период T часов (D дней) могут быть рассчитаны одним из пяти методов в зависимости от объема имеющейся информации о схемах и нагрузках сетей:

- 1) оперативных расчетов;
- 2) расчетных суток;
- 3) средних нагрузок;
- 4) числа часов наибольших потерь мощности;
- 5) оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

Исследование влияния эффективности функционирования электрооборудований цеховых сетей на уровень потерь электроэнергии позволит оценить возможности снижения потерь и принять наиболее эффективные меры.

УДК 624.311.4

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ

Л.Р. АХУНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

Потери электроэнергии в электрических сетях являются экономическим показателем состояния сетей. Относительные потери электроэнергии при ее передаче в электрических сетях не должны превышать 4 %. Потери электроэнергии на уровне 10 % можно считать максимально допустимыми.

На основании уровня потерь электроэнергии можно сделать выводы о необходимости и объеме внедрения энергосберегающих мероприятий.

Целью работы является определение потерь электроэнергии, разработка и исследование способов снижения потерь электрической энергии.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение потерь электроэнергии в сетях напряжением 6 кВ;
- определение потерь электроэнергии в силовых трансформаторах напряжением 6/0,4 кВ;
- определение потерь электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ;
- расчет эффективности мероприятий от выравнивания нагрузки фаз в сети 0,4 кВ;
- расчет эффективности при сезонном отключении одного из трансформаторов в двухтрансформаторной подстанции (трансформаторы работают на разные шины);
- расчет эффективности замены малозагруженных трансформаторов трансформаторами меньшей мощности.

Как показывают расчеты, основной эффект в снижении технических потерь электроэнергии может быть получен за счет технического перевооружения, реконструкции, повышенной пропускной способности и надежности работы электрических сетей, сбалансированности их режимов, т.е. за счет внедрения капиталоемких мероприятий.

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Г.Д. БАДРУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч.рук. д-р техн. наук, проф. И.В. ИВШИН

Одними из основных элементов систем распределения электроэнергии являются силовые трансформаторы. Своевременное обнаружение отклонений работы и дефектов трансформаторов позволяет предотвратить возникновение аварийных ситуаций, а также позволяет эффективнее планировать вывод трансформаторов из работы для проведения ремонтных работ. Диагностика позволяет планировать обслуживание и своевременную замену трансформаторов и таким образом способствует уменьшению эксплуатационных затрат. В последнее время интенсивно развиваются и внедряются методы непрерывного контроля за крупными силовыми трансформаторами с применением современных компьютерных технологий и автоматического сбора и обработки, анализа данных. Применение этих методов осуществляется с помощью различных датчиков, расположенных непосредственно в пределах трансформатора. Одним из наиболее перспективных методов диагностики силовых трансформаторов является виброакустический метод. Этот метод основан на измерении параметров и характеристик вибрации, генерируемой силовым трансформатором; сравнении по определенным критериям характеристик вибрации с эталонными.

Разработка комплексной методики применения перспективного метода контроля технического состояния и диагностики силовых трансформаторов является актуальной задачей.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛАХ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.С. БЕЛЬСКАЯ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. ЧУРАЕВ

В последнее время повышению надежности и качества электроэнергии в СЭС уделяется большое внимание. По мере усложнения технологи-

ческих процессов промышленных предприятий и использования средств автоматизации, анализ провалов напряжения становится все более актуальной темой.

Основными причинами провалов напряжения у потребителей являются короткие замыкания в схемах внешнего (110 кВ и более) и внутреннего электроснабжения. Достоверной статистики по провалам напряжения для конкретных участков не существует. Но уже разработаны методики вероятностно-статистического исследования длительностей и числа провалов напряжения по различным законам распределения случайных величин. Результаты, полученные в ходе исследования провалов напряжения по этим методикам, принимаются в качестве исходных данных для разработки мероприятий по снижению провалов напряжения в перспективных СЭС.

Так как нельзя полностью исключить провалы напряжения в СЭС, должны решаться проблемы по сокращению их числа и минимизации ущерба от них. Применяется секционирование шин 110 кВ источника питания, что при раздельном режиме работы секций позволяет ощущать провалы напряжения в момент КЗ меньшему числу потребителей; электроснабжение особо важных потребителей от третьих независимых источников питания.

Традиционно для борьбы с перерывами электроснабжения применяются устройства АВР. Согласно ГОСТ 13109-97, «длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики». В последние годы разработаны и внедрены специальные устройства для выполнения быстродействующего АВР (БАВР) на напряжении 10(6) кВ, за счет которого время перерыва питания настолько мало, что асинхронные электродвигатели практически не снижают скорость вращения, а синхронные электродвигатели не успевают выйти из синхронизма.

По данной теме мною предполагается оценить провалы напряжения в различных узлах системы электроснабжения крупных промышленных предприятий.

УДК 621.316.016.25

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ХОЛОСТОГО ХОДА В ТРАНСФОРМАТОРАХ СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, с.н.с. В.М. ЕФРЕМЕНКО

На сегодняшний день в Российской Федерации действует большое количество территориальных сетевых организаций (ТСО), которые оказывают услуги по передаче электрической энергии потребителям. При этом большинство из них характеризуется низкой энергоэффективностью. Причиной этого являются высокие потери электроэнергии в электрических сетях, а также значительный (около 70 %) износ сетевого оборудования.

Проводимая нами ежегодная экспертиза нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям ТСО показывает, что в общей структуре технологических потерь более 1/3 составляют потери на холостой ход силовых трансформаторов. Поскольку величина данных потерь зависит, главным образом, от материала и конструкции магнитопровода трансформатора, то нами было проведено исследование потерь холостого хода в трансформаторах с магнитопроводами из различных электротехнических сталей.

В результате установлено, что наибольшие потери холостого хода имеют место в трансформаторах с магнитопроводами из горячекатаной стали. При использовании холоднокатаной стали потери холостого хода в них уменьшаются в 3-4 раза по сравнению с горячекатаной. Наименьшие потери холостого хода оказались в трансформаторах с магнитопроводами из аморфной стали (в 4-5 раз меньше, чем при холоднокатаной). Также в ходе исследования получено распределение трансформаторов по типам и срокам службы, которое позволило оценить реальное состояние трансформаторного оборудования, применяемого в электрических сетях ТСО.

В связи с этим необходимо предпринимать меры по замене трансформаторов, выработавших свой ресурс, и их устаревших типов в сетях ТСО. Выявление таких трансформаторов должно осуществляться в ходе энергетических обследований, проведение которых согласно Федеральному закону № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» является обязательным для ТСО. Замена трансформаторов в сочетании с рационализацией режимов их работы позволит значительно снизить составляющую потерь холостого хода и будет способствовать повышению энергоэффективности ТСО.

УДК 621.365.22

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Р.В. БИЛЮШОВ, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.А. КУВШИНОВ

Дуговые сталеплавильные печи (ДСП) негативно влияют на качество электрической энергии питающей сети. При анализе потребляемого тока ДСП выделяются следующие составляющие:

1) основная гармоника тока, модулированная во времени по случайному закону (составляющие спектра тока от 25 до 75 Гц). Анализ основной гармоники показал, что математическое ожидание фазового угла тока печи составляет 30 град. Амплитуда активной и реактивной составляющих модулирована по случайному закону. Заметная корреляция процессов в разных фазах отсутствует, хотя сумма фазных токов равна нулю;

2) низкочастотные гармоники спектра ДСП (частоты от 0 до 25 Гц) могут быть представлены как медленно изменяющаяся от периода к периоду постоянная составляющая тока. Корреляция между фазами также очень слабая, хотя сумма постоянных составляющих токов равна нулю;

3) высокочастотные составляющие, искажающие форму тока печи.

Наиболее распространённым способом повышения качества электроэнергии в системах электроснабжения ДСП являются статические тиристорные компенсаторы. Однако тиристорно-реакторная группа является дополнительным источником высших гармоник тока, что является причиной утяжеления узкополосных пассивных фильтров. В этой связи пристального внимания заслуживают активные фильтры, у которых минимизировано количество реактивных элементов (или индуктивный или емкостной накопитель). Активные фильтры с высокочастотной коммутацией, выполненные полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов (обычно IGBT-транзисторы), позволяют компенсировать как высокочастотные, так и низкочастотные гармоники тока ДСП, и повысить качество электроэнергии питающей сети.

УДК 620.9 (075.8)

АВТОНОМНОЕ И АВАРИЙНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ГАЗОВОЙ МИКРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Е.А. БОРОДИЧ, НИУ МЭИ, г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Г.Ф. БЫСТРИЦКИЙ

Основное предназначение мини-ТЭЦ – выработка электрической и тепловой энергии из различных видов топлива (газ: природный газ магистральный, природный газ, сжиженный и другие горючие газы, жидкое топливо: мазут, дизельное топливо, биодизель и другие горючие жидкости). Концепция строительства мини-ТЭЦ в непосредственной близости к потребителю имеет ряд преимуществ.

Силовая цифровая электроника управляет работой микротурбины и всех ее вспомогательных систем. Она преобразует переменный ток переменной частоты от генератора в постоянный ток, а затем – в переменный ток постоянной частоты промышленной сети – 50 Гц, 380 В. Это позволяет практически мгновенно реагировать на изменение нагрузки и выдавать требуемую мощность.

Микротурбины можно размещать на открытой площадке, в отдельном здании, в основном здании объекта, внутри помещения, на крыше/кровле здания, в легковозводимом погодном укрытии.

Существует несколько режимов работы МТУ:

– когенерация: помимо генерации электричества, турбина может вырабатывать тепло;

– тригенерация – это комбинированное производство электрической энергии, тепловой энергии и холода;

– параллельно с сетью. В этом режиме микротурбинная установка вырабатывает электрическую энергию, синхронизированную с сетью по напряжению и частоте;

– автономный режим характеризуется работой микротурбинной установки независимо от сети в качестве основного источника энергии.

– двойной режим (автономно и параллельно с сетью).

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

Установка МТУ (микротурбинных установок) рациональна как для частного, так и для промышленного использования.

Нами был проведен экономический расчет, по результатам которого сроки окупаемости МТУ составляют от 2,5 до 9 лет, в зависимости от мощности МТУ.

Практика эксплуатации мини-ТЭЦ показала, что они хорошо работают как в автономном, так и в аварийном режимах и используются для покрытия длительных или пиковых нагрузок.

УДК 628.9

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ЛОКАЛИЗОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Е.А. БУЛЫГИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Локализованное размещение светильников позволяет одновременно с уменьшением удельной установленной мощности по сравнению с вариантом равномерного размещения обеспечить и лучшее качество освещения. При этом удается создать желательное направление светового потока на рабочие поверхности и устранить падающие тени от близко расположенного оборудования или человека.

При проектировании осветительной установки необходимо решить следующие основные вопросы: 1) выбрать систему освещения и тип источника света; 2) установить тип светильников; 3) произвести размещение светильников; 4) уточнить количество светильников. Исходными данными для светотехнических расчетов являются: нормируемое значение минимальной или средней освещенности; тип источника света и светильника; высота установки светильника; геометрические размеры освещаемого помещения или открытого пространства; коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности помещения.

Существуют различные методы расчета искусственного освещения, которые можно свести к двум основным: точечному методу и методу коэффициента использования светового потока. Точечный метод предназначен для нахождения освещенности в расчетной точке, он служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. По этому методу рассчитывают локализованное, местное, наружное, а также общее равномерное освещение для любого расположения освещаемых поверхностей, но не учитывают отраженный световой поток потолка и стен.

При правильно рассчитанном и выполненном освещении производственных помещений, глаза работающего персонала в течение продолжительного времени сохраняют способность хорошо различать предметы и орудия труда, не утомляясь.

УДК 621.315.2.016.2:621.316.99

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭКРАНОВ ОДНОФАЗНЫХ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ 6-500 кВ

А.В. БЫСТРОВ, НИУ МЭИ, г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.М. ХЕВСУРИАНИ

Экономическая целесообразность выбора системы заземления экрана заключается в сравнении затрат на реализацию заземления экранов ($C_{сз}$) со стоимостью потерь мощности при заземлении экрана с двух сторон ($C_{дз}$) и экономией средств на закупку кабелей с меньшим сечением жилы (ΔC).

Затраты на реализацию системы заземления ($C_{сз}$) определяются ценой специальных коробов заземления. И если при одностороннем заземлении их устанавливают на концах кабеля, как правило, на подстанциях, где уже имеются контуры заземления, то при транспозиции экранов коробки транспозиции располагают на кабельной трассе в специальных колодцах, где необходимо также обустроить систему заземления. Минимальное количество таких колодцев – два (при одном цикле транспозиции), что является причиной относительно высокой стоимости реализации данной системы заземления экранов.

Стоимость потерь мощности при заземлении экрана с двух сторон вычисляется из потерь в экранах трех фаз (W) за время эксплуатации кабеля (T) и цены электроэнергии за кВт· час (Ц).

$$C_{дз} = W \cdot \text{Ц},$$

где $W = \left(P_{\text{Э}} \cdot 365 \cdot 24 / 1000 \right) T$.

Потери мощности зависят от средней загрузки кабельной линии:

$$P_{\text{Э}} = I_{\text{Э,ср}}^2 \cdot R_{\text{Э}} \cdot L,$$

где $I_{\text{Э,ср}}$ – среднее значение тока в экране.

Из вышесказанного также следует, что возможно оценить при какой нагрузке кабельной линии борьба с потерями мощности является экономически целесообразной:

$$I_{Э.СР} > \sqrt{1000 \cdot C_{СЗ} / (R_{Э} \cdot L \cdot 365 \cdot 24 \cdot T \cdot \underline{Ц})}$$

$$I_{Ж.СР} = I_{Э.СР} \cdot \sqrt{1 + (R_{Э} / X)^2},$$

где $I_{Ж.СР}$ – среднее значение тока в жиле.

$$I_{Ж.СР} = \sqrt{1000 \cdot C_{СЗ} \left(1 + \frac{R_{Э}^2}{X^2} \right) / (R_{Э} \cdot L \cdot 365 \cdot 24 \cdot T \cdot \underline{Ц})}$$

УДК 537.621.3

О ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ И ПОТРЕБИТЕЛЯМИ В ЧАСТИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

И.И. ВАЛИЕВ, УлГТУ, г. Ульяновск

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

Рынок разделил единую электроэнергетическую систему на собственников – продавцов и покупателей. Общие вопросы энергосбережения, касающиеся энергосистемы в целом и зависящие от взаимоотношений собственников, практически ими не решаются. Конкретный потребитель может ухудшать ее качество в сети энергоснабжающей организации.

Административные методы управления режимами электропотребления ставят потребителя в зависимость от государственных органов. Массовость потребителей требует содержания значительного персонала контролирующих органов, снижает эффективность и увеличивает затраты на управление.

Существовавший механизм применения скидок и надбавок находится в противоречии со ст. 2 Федерального закона «О государственном регулировании тарифов...».

Приведение в соответствие с законодательством скидок и надбавок к тарифам дают возможность узаконить механизмы экономического воздействия на потребителей и энергосистему. Рассмотренный путь является наиболее выгодным как для потребителей, так и для энергоснабжающей организации и может обеспечить повышение качества электроэнергии, за счет потребителей, по их собственной инициативе благодаря заинтересованности в снижении разницы в оплате за электроэнергию между фактической оплатой с учетом надбавки, и оплатой по базовому тарифу.

УДК 697:72

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

Р.А. ВЕТОШКИН, КГЭУ, г. Казань

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

По всему миру на здания приходится достаточно высокий уровень энергопотребления (40 % от мирового показателя), а также уровень выбросов парниковых газов в атмосферу, значительно превышающий выбросы от всех транспортных средств вместе взятых. Существуют большие и привлекательные возможности снижения энергопотребления зданиями с меньшими затратами и с большей прибылью, нежели в других секторах.

Эти снижения являются основополагающими в достижении цели Международного энергетического агентства (МЭА), которая заключается в уменьшении выбросов углерода в мире на 77 % против прогнозируемых данных на 2050 г. для достижения стабилизированного уровня CO₂, предусмотренного Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК). Важной составляющей в решении этой задачи, считают эксперты МЭА, должен стать переход от строительства обычных зданий к строительству энергоэффективных жилых и общественных зданий. Наибольшее внимание экспертов уделено проектированию и строительству энергоэффективных многоквартирных зданий по всему миру.

Энергоэффективный дом – это дом, который не только не зависит от внешних коммуникаций, но, в принципе, может и сам служить источником энергии. Это становится возможным благодаря рациональному использованию источников тепла и энергии самого дома и окружающей его территории. Проектирование энергоэффективного дома – это комплексная работа, учитывающая многовариантный подход, рациональный выбор теплозащиты ограждающих конструкций, выбор инженерного оборудования и эффективность использования возобновляемых источников энергии.

В нашей стране развитие архитектуры энергоэффективных зданий находится на начальном этапе. Тем не менее уже разработаны некоторые принципы формирования архитектуры различных типов таких зданий, а также построены отдельные жилые здания в таких регионах, как Московская область, республика Татарстан, Якутия и Алтайский край.

В заключение следует отметить, что проектирование энергоэффективных зданий на сегодняшний день является одним из самых приоритетных в современной архитектуре.

УДК 621.316

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ТРЕХ ВИДОВ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ

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

На современном этапе развития техники и технологии для оценки надежности схем систем электроснабжения (СЭС) широкое распространение получили элементные методы расчетов надежности. При оценке надежности предлагается учитывать три вида отказов элементов схемы: отказ типа короткое замыкание, отказ типа «обрыв цепи» и отказ в срабатывании.

Перечисленные виды отказов следует относить к следующим типам электрооборудования. Отказ типа «короткое замыкание». Такой вид отказа может происходить во всех элементах схемы, через которые проходит ток нагрузки в нормальном режиме работы. Короткие замыкания (КЗ) в таких элементах отключаются основной релейной защитой, в зоне действия которой находится рассматриваемый элемент сети, либо резервной с выдержкой времени. Перекрытие изоляции в самом защитном коммутационном аппарате в этих расчетах не учитываем, так как такие повреждения встречаются на порядок реже, чем КЗ в защищаемых этими коммутационными аппаратами элементах сети.

Для защитных коммутационных аппаратов рассматриваем два вида отказов:

а) отказ выключателя типа «обрыв цепи». К таким отказам будем относить ложные и излишние отключения выключателей в результате действия релейной защиты, которые ликвидируются с помощью ручного переключения (т.е. без средств автоматики), а также автоматические отключения выключателей в результате повреждений во вторичных цепях релейной защиты;

б) отказ выключателя в срабатывании. Производится осмотр релейных защит, контактов самих реле, проверяются уставки защит, оперативные цепи питания, работа устройства АПВ, устройства АВР и т.д.

Учет отказов типа КЗ и отказов в срабатывании защитных коммутационных аппаратов позволяет в значительной степени повысить точность расчетов надежности структурно-сложных схем систем электроснабжения промышленных предприятий.

УДК 628.9

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Р.К. ГАЛИМЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Промышленное освещение особенно необходимо для осуществления производственных процессов в цехах, складских и логистических центрах, в помещениях с агрессивными средами, а также в утилитарных зонах (кладовые, лифтовые шахты и прочие помещения). Главное в организации промышленного освещения – устойчивость к жёстким условиям эксплуатации, высокий к.п.д. и удобство обслуживания. Как правило, герметичны или имеют высокую степень пыле– и влагозащищённости.

Надо учитывать, что на общее освещение промышленных зданий оказывает влияние отражающая способность стен, оборудования и материалов, а на промышленное освещение рабочих мест – отражающая способность пола, поверхности оборудования, верстаков, столов, сырья и готовой продукции. Наряду с этим освещение промышленных предприятий зависит от светотехнических характеристик используемых светильников и высоты их подвеса над рабочей зоной. А для некоторых типов производств промышленное освещение разрабатывается с учетом интенсивности излучения источников света в ультрафиолетовой и/или инфракрасной областях спектра, из-за возможности его влияния на технологические процессы.

Помимо освещенности еще одним безусловным показателем, влияющим на освещение промышленных зданий, должна быть безопасность используемых светильников и электрических коммуникаций.

УДК 631.311

АНАЛИЗ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ

А.И. ГАРАПШИНА, КГЭУ, г. Казань

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

В системах электроснабжения промышленных предприятий несимметрия напряжений может быть вызвана внешними и внутренними причинами. Обе причины могут в должной мере причинить вред энергосистеме в целом. Исследованию и разработке эффективных методов оценки несим-

метрии посвящены работы многих авторов, например, таких авторов, как Ю.С. Железко, И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, А.Л. Церазов, Г.Я. Вагин, А.Д. Музыченко, В.В. Зорин, В.Г. Кузнецов, Э.Г. Куренный, А.П. Лютый и др. Несмотря на значительные достижения в этой области, актуальной остаётся проблема совершенствования разработанных и создания новых методов расчёта и оценки уровня несимметрии напряжения.

Большинство научных работ, посвящённых исследованию несимметричных режимов работы электрических сетей, связано, как правило, с расчётом суммарных потерь в элементах сети и в электроприёмниках при различных уровнях несимметрии, а также с разработкой мероприятий по снижению несимметрии.

Достаточно основательная работа по оценке несимметрии напряжения выполнена сотрудниками Макеевского инженерно-строительного института, в которой приводятся определенные уточнения формул ГОСТа, подробное рассмотрение структурной схемы динамической модели ЭМС по несимметрии напряжения и др. Результаты проведенного ими исследования позволяют говорить о том, что дуговые печи, работая в сети, создают несимметрию напряжений, что сказывается на работе всех потребителей, включённых в эту сеть. Поэтому необходима разработка методов оценки несимметрии напряжения. Однако существующие методы основаны на статических моделях, которые не могут описывать быстрые случайные изменения напряжения, происходящие при работе ДСП. Решением данной проблемы становится использование динамических моделей ЭМС.

УДК 612.316

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

И.А. ГАТИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

Системы электроснабжения образуют значительное количество устройств, длительная эксплуатация которых без надлежащего диагностирования технического состояния может привести к выходу их из строя и значительному экономическому ущербу. Для реализации эффективного диагностирования устройств электроснабжения необходимы методики контроля и современные технические средства. В настоящее время в эксплуатацию помимо традиционных испытаний все более широкое применение

находят такие современные методы, определение фракционного состава механических примесей и характера загрязнений при помощи автоматических счетчиков частиц и устройств мембранной фильтрации, инфракрасная спектроскопия. Рассмотрены общие методы, правила и особенности диагностики тепловизором электрооборудования, а также погрешности при ИК-контроле и способы их устранения, конструктивные особенности электрооборудования, связанные с протеканием тепловых процессов при его работе, приведены нормы оценки теплового состояния токоведущих частей, термограммы характерных неисправностей электрооборудования, указаны основные принципы выбора приборов инфракрасной техники.

УДК 628.9

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Д.М. ГАТИЯТУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

В настоящее время во всем мире большое внимание уделяется проблеме экономии электроэнергии при освещении помещений. Особенно остро данная проблема встает для общественных помещений, где нет прямой заинтересованности в экономии электроэнергии. Энергосбережение при освещении общественных помещений возможно только при использовании систем управления локальной освещенностью, которые реагируют на наличие людей в помещениях и изменение внешнего освещения (свет из окон). Управление световым потоком люминесцентных ламп возможно осуществлять либо путем полного отключения питания люминесцентных ламп, либо изменением напряжения и тока люминесцентных ламп. В настоящее время многие зарубежные фирмы предлагают на рынке свои решения систем управления локальной освещенностью. Этот рынок имеет тенденцию к постоянному увеличению, и на нем можно найти свое место, предлагая недорогие и качественные системы управления светом.

Управление световым потоком люминесцентных ламп возможно тремя способами: амплитудное регулирование, частотное регулирование и широтно-импульсное регулирование напряжения на выходе силового инвертора ЭПРА. Амплитудное регулирование можно производить путем изменения значения напряжения на выходе корректора коэффициента мощности. В результате своих исследований, я сравню эти три способа и выявлю наиболее экономичный и наилучший способ управления световым потоком люминесцентных ламп.

УДК 621.315

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ ДИАГНОСТИКИ

И.М. ГИЛЯЗОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Актуальность исследования причин отказов в кабельных сетях (КС) вызвана результатами анализа аварийности в целом в городах с населением более 100 тыс. жителей, где повреждения КЛ 6-10 кВ являются причиной 80-90 % от всех отключений.

Для разработки мероприятий по сокращению отказов в КС требуется тщательное исследование причин выхода кабельных линий из строя и принятие мер по сокращению внезапных отключений.

Действующая нормативно-техническая база оценки работоспособности КС путем испытания кабелей повышенным напряжением и, как следствие, оценка надежности электроснабжения потребителей явно не соответствует существующим требованиям потребителей, которые воспринимают достаточно болезненно любые внезапные отключения в электросетях.

Таким образом, возникает проблема, при которой не проведение профилактических испытаний создает непредсказуемую ситуацию по внезапным отключениям.

Основными методами диагностики силовых кабельных линий являются:

- метод рефлектометрии;
- испытание силовых КЛ напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц взамен испытаний постоянным напряжением;
- метод частичных разрядов.

Исходя из задач диагностики кабельных линий, эксплуатационному персоналу желательно знать:

- максимально возможно-достоверный остаточный ресурс кабеля;
- рекомендации по условиям эксплуатации.

УДК 621.311

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Р.М. ГИНИЯТУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. ХАТАНОВА

Реформирование электроэнергетики в России привело к образованию такого специфического товара как электроэнергия. Электроэнергия не обладает таким основным свойством присущим остальным товарам, как накопление и возможность удовлетворения растущего спроса запасами. Все это привело к образованию определенного рынка электроэнергии, учитывая особенности электроэнергии как товара. Поэтому возникла необходимость использования технико-экономического анализа электроэнергетической отрасли. С целью оценить объем и структуру розничного рынка электроэнергии (мощности), определить привлекательных потребителей, произвести оценку конкурентной среды на розничном, а также на оптовом рынках, сформировать стратегии ценообразования на оптовом и розничных рынках. Основной особенностью производства и распределения электроэнергии является его неразрывная связь с потреблением (в каждый момент времени должно производиться и передаваться ровно столько электроэнергии, сколько необходимо в данный момент ее потребителям), что создает проблему использования генерирующих и передающих мощностей. В этих условиях, усугубленных неравномерностью электропотребления, энергокомпании заинтересованы не в максимальном, а в оптимальном объеме производства и распределения энергии, т.е. в обеспечении заявленной мощности потребителей с учетом наличия оперативного резерва, возможности проведения ремонтной кампании и т.д. Основным средством такой оптимизации является тарифная политика – разработка цен и тарифов, в максимальной степени согласовывающих интересы энергокомпаний и ее потребителей.

В системе рыночных отношений и рыночного ценообразования соответственно для энергетических компаний вопросы об установлении цен и формировании стратегии ценообразования характеризуются высокой актуальностью и требуют применения соответствующих методических инструментов, отвечающих современным условиям.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОНОМИИ ЧАСТНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

М.М. ГУБАНОВ, НИУ МЭИ, г. Москва
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Б.И. КУДРИН

С переходом на рыночные отношения в электроэнергетике мелкие и средние потребители, не имеющие собственных генерирующих источников, оказались в невыгодных условиях. С одной стороны – ежегодное увеличение тарифов на 10-12 %, определяемое гарантирующим поставщиком, с другой стороны – высокая плата за технологическое присоединение к сети, определяемая электросетевой компанией. Применяемые меры снижения перекрестного субсидирования, перехода к долгосрочным тарифам и метод доходности на инвестированный капитал (RAV) на практике ведут к еще большему росту цен для потребителей, а изношенные на уровне 60 % распределительные сети или их полное отсутствие не могут обеспечить надежное электроснабжение 2/3 территории России (25 млн чел.). Это является одной из причин слабого развития малого и среднего бизнеса в регионах, разрушения сельского хозяйства и вымиранию малых поселений.

Единственной возможностью для сохранения энергобезопасности удаленного частного потребителя является создание собственной генерации тепловой и электрической энергии на основе территориально-доступных и возобновляемых источников. Создание таких полностью или частично автономных экологически безвредных систем активно стимулируется во всех развитых странах мира, однако в России еще не получило серьезной государственной поддержки.

В работе был рассмотрен германский опыт энергообеспечения частного потребителя при его полной автономии с применением систем «пассивный» и «умный» дом. Отмечено, что рассмотрение отдельно систем электро-, тепло- и горячего водоснабжения в данном случае неприемлемо, требуется моделирование и одновременный учет всех потребностей человека в энергетических ресурсах, чтобы проживание в таких домах было не только экономичным, но и максимально комфортным.

В работе были рассмотрены 17 автономных частных домов в Саксонии. Выявлены особенности всех систем жизнеобеспечения здания, детально исследован процесс выработки, накопления и расхода электроэнергии, определены практические способы энергосбережения и получены количественные показатели эффективности.

На основании проведенных исследований можно сформулировать основные направления в создании энергонезависимого частного дома:

- детальное проектирование и компьютерное моделирование процессов;
- изменение архитектуры домов с максимальной ориентацией к солнцу;
- применение эффективных строительных материалов с приоритетом на территориально-доступный ресурс;
- максимальная изоляция тепловых мостов;
- автоматизация управления всей системой;
- использование высокоэффективных электроприборов;
- использование возобновляемых источников тепловой и электрической энергии, наиболее применимых в данном регионе.

Проведенный анализ реализованных проектов позволяет сделать вывод, что создание полностью автономного энергообеспечения частного потребителя в умеренном климате возможно. Для этого необходимо комплексно учитывать все факторы расхода энергии, где электроэнергия частично может быть заменена другими видами энергии.

УДК 620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

К.Ю. ЕРПЫЛЁВ, КГЭУ, г. Казань

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

Возобновляемые источники энергии следует рассматривать на достаточно длительный срок, примерно, на первую четверть XXI в., не в качестве альтернативы развития традиционной энергетики, а как дополняющий источник энергии, с помощью которого можно решить очень важные экологические, экономические и социальные проблемы.

Одной из основных задач электроснабжения предприятий средней и малой мощности является задача обеспечения эффективности функционирования электрических систем совместно с возобновляемыми источниками энергии. На основании анализа публикаций можно сделать вывод, что до настоящего времени не существовало единой методики эффективного функционирования электрических систем при рациональной замене традиционных источников энергии возобновляемыми источниками. Разработка методики, позволяющей получить оптимальное соотношение традицион-

ных и альтернативных источников энергии, является одной из важнейших задач. Однако возможность использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии можно оценить только при их совместном рассмотрении с традиционными.

На территории РФ альтернативные источники могут применяться в разных областях. ВИЭ позволяют обеспечить энергией северные районы, а также другие труднодоступные и удаленные уголки страны, не подключенные к централизованным энергосистемам. Завоз топлива в такие районы очень дорог и проблематичен, в связи с чем стоимость электроэнергии, выработанной на основе привозного топлива, становится неприемлемо высокой.

Другой сферой возможного применения альтернативных источников энергии в РФ может стать создание генерирующих мощностей в энергодефицитных районах, где постоянно происходят аварийные отключения электричества. Использование альтернативных источников – в первую очередь, энергии ветра и биомассы – позволило бы существенно сократить потери.

УДК 628.9

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ОБОРУДОВАНИЯ

Б.З. ЗАРИПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используются другие ресурсы. Для этого расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны. Величина потерь энергии в электрических сетях по различным оценкам в последние годы составляет 12-13 %, что значительно превышает уровень потерь в сетях стран западной Европы, США и Японии.

Умение правильно рассчитать потери во всех звеньях системы электроснабжения, выявить определяющие их составляющие и установить основные направления по снижению потерь и экономии электроэнергии – основное условие правильного проектирования и эксплуатации электрической сети.

При расчете потерь электрической энергии в электрических сетях важно учитывать влияние метеорологических параметров, особенно колебания температуры воздуха. На сегодняшний день в расчетных моделях используются справочные материалы ЛЭП, которые приведены для температуры окружающего воздуха 20 °С, но температура окружающей среды в течение года может отличаться от этого значения. Можно примерно считать, что на территории европейской части России температура в течение года изменяется в пределах от -25 до 35 °С; кроме того, провода вследствие несовершенного излучения тепла нагреваются несколько выше окружающего их воздуха. Благодаря этому изменение сопротивления проводов на воздушных линиях электропроводной связи может достигать 16 % в сторону уменьшения и 8 % в сторону увеличения по сравнению с сопротивлением этих проводов при -20 °С. Таким образом, необходимо внедрять более точные и прогрессивные методы расчета потерь электроэнергии в электрических сетях, которые учитывали бы и колебания температуры в окружающей среде.

УДК 621.317.211

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

М.З. ИСЛАМОВ, НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. П.А. ИЗОТОВА

До недавнего времени, большую часть электрической энергии потребляли линейные нагрузки – лампы накаливания, нагревательные элементы, двигательная нагрузка и другие подобные потребители. С конца 1990-х гг. резко возросла доля нелинейных потребителей. В первую очередь это персональные компьютеры, компьютерная периферия, мониторы, лазерные принтеры, блоки бесперебойного питания, копировальные аппараты и факсы, газоразрядные лампы и др. Для электропитания вышеперечисленного электронного оборудования используют встроенные импульсные источники питания, представляющие собой нелинейные нагрузки, сопротивление которых меняется с течением времени.

Ток, потребляемый этими источниками, имеет ярко выраженный импульсный характер, что объясняется схемными особенностями импульсных источников питания, а именно наличием сетевого выпрямителя (диодного моста) и сглаживающего емкостного фильтра. При приближении кривой питающего напряжения к максимальному значению электронные вен-

тили диодного моста скачкообразно меняют свое сопротивление от бесконечности до определенного малого значения (такой характер изменения сопротивления вентиля равносильно включению или отключению им нагрузки). Периодическое включение и отключение приводит к появлению коротких импульсов. Эти токи представляют собой несинусоидальный периодический сигнал, который можно представить в виде суммы постоянной величины и бесконечного ряда синусоидальных сигналов с кратными частотами.

Ток, потребляемый системным блоком компьютера, в основном включает в себя 3-ю гармоническую составляющую. В случаях, когда мощность нелинейных электропотребителей превышает 10-15 %, возникают различные проблемы в работе и эксплуатации питающих сетей.

Наличие высших гармонических составляющих в токах нелинейных электропотребителей приводит к существенным негативным последствиям. Происходит перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий из-за их перегрузки токами третьей гармоники. В этом случае токи в нулевых рабочих проводниках значительно превосходят токи фазных проводников, а защита от токовых перегрузок в цепях нулевых проводников согласно ПУЭ не предусмотрена. Необходимо указать также, что эти токи приводят к ускоренному тепловому старению изоляции питающих проводов и кабелей.

УДК 628.9

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

А.М. ИСЛАМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Повышение напряжения представляет опасность для изоляции электрической установки. Правильный учёт перенапряжений имеет большое экономическое и техническое значение при выборе изоляции и меры защиты электрической сети.

В зависимости от величины напряжения в сети и её назначения в электротехнике используют различные способы защиты от внутренних перенапряжений. Например, электрические сети 3-35 кВ должны работать с изолированной, заземленной нейтралью через резистор или дугогасящий реактор, а обмотки трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть защищены от коммутационных перенапряжений с помощью РВ или ОПН.

С целью ограничения коммутационных перенапряжений следует применять комбинированные РВ или ОПН, выключатели с предвключаемыми резисторами, электромагнитные трансформаторы напряжения или другие средства, а также сочетания их с мероприятиями по ограничению длительных повышений напряжения. Должны предусматриваться технические решения, исключающие появление перенапряжений.

Несмотря на серьезные меры по защите от перенапряжений, их всё равно невозможно предотвратить полностью. При анализе причин аварийного отключения системы электроснабжения нужно учитывать также и ошибки персонала при установке электрооборудования, неверное соблюдение мер по технике эксплуатации частей сети электрообеспечения, износ оборудования и т.д. С учетом этих моментов необходимо производить регулярный анализ и систематизацию аварийных отключений, причиной которых могут являться внутренние перенапряжения. И на основе этих исследований принимать меры по повышению надежности работы электрооборудования.

УДК 621.31

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.В. КАПИЕВА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук., канд. техн. наук, доц. Н.Н. КЛОЧКОВА;
канд. техн. наук, доц. А.В. ОБУХОВА

Многие технологические процессы нагрева на промышленных предприятиях связаны с использованием различных типов печей. Они являются основными энергопотребителями, и можно достичь значительной экономии энергии на них.

Существуют два основных подхода, позволяющих улучшить общую энергетическую эффективность: технический и организационный.

Технический подход включает в себя ряд способов экономии энергии: замена печей более экономичными; использование энергоэффективных технологий; улучшение действующих печей с точки зрения экономии энергии; изменение режима эксплуатации печей.

Эффективность применения электрических нагревательных печей можно улучшить, снизив потребление электроэнергии выравниванием токовых нагрузок по трем фазам (это приводит к снижению тока в нейтрали)

и увеличением коэффициента загрузки печных трансформаторов, путем отключения тех, в которых нет необходимости.

Организационный подход предлагает ряд мероприятий. Для того, чтобы оценить эффективность нагревательных или отражательных печей, на каждой из них следует установить расходомеры газа, приборы для измерения содержания кислорода, видимые счетчики определения температур в печи и т.д. По данным приборов производится анализ с тем, чтобы сравнить эффективность печей между собой и произвести оценку взаимосвязей между параметрами процесса и энергопотреблением. Это позволит отрегулировать все процессы до оптимального. Также следует выработать детальную разбивку расхода электроэнергии и газа по всем потребляющим категориям. Это позволит установить, какие категории заслуживают особого интереса с точки зрения улучшения возможностей энергосбережения.

Для повышения мотивации по вопросам энергосбережения, операторы печей, ответственные за сбор данных, должны быть проинформированы о результатах анализа этих данных. Это необходимо для того, чтобы они могли видеть результаты своей работы по улучшению возможностей энергосбережения.

УДК 628.9

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ БАЛЛАСТ

Я.О. КАРСАКОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Электромагнитный балласт представляет собой электромагнитный дроссель, подключаемый последовательно с лампой. Последовательно нитям лампы подключается стартер, представляющий собой неоновую лампу с биметаллическими электродами и конденсатор. Дроссель формирует за счёт самоиндукции запускающий импульс, а также ограничивает ток через лампу.

В настоящее время преимуществами электромагнитного балласта являются простота конструкции, надёжность и низкая стоимость. Основные функциональные элементы балласта: предохранитель, выпрямитель, помехозащитный фильтр, высокочастотный генератор, пусковой контур, емкостной фильтр питающей сети. Электронный балласт подаёт на электроды лампы напряжение не с частотой сети, а высокочастотное (25-133 кГц), в результате чего заметное для глаз мигание ламп исключено. Высокочастотные колебания, проходя через лампу, как антенну, создают электромаг-

нитные помехи в широком спектре, поэтому радиодиапазон ДВ – длинные волны, начинающийся с 150 кГц, стал не пригоден для использования. Аргументировали это тем, что невыгодно строить антенны большого размера и перешли на диапазон УКВ, волны которого распространяются только в пределах прямой видимости и нужны повторители-репитеры.

Может использоваться один из двух вариантов запуска ламп: 1) холодный запуск – при этом лампа зажигается сразу после включения. Такую схему лучше использовать в случае, если лампа включается и выключается редко, так как режим холодного пуска более вреден для электродов лампы. 2) горячий запуск – с предварительным прогревом электродов. Лампа зажигается не сразу, а спустя 0,5-1 с, зато срок службы увеличивается, особенно при частых включениях и выключениях.

Потребление электроэнергии люминесцентными светильниками при использовании электронного балласта обычно на 20-25 % ниже. Материальные затраты (медь, железо) на изготовление и утилизацию меньше в несколько раз. Использование централизованных систем освещения с автоматической регулировкой позволяет сэкономить до 85 % электроэнергии. Существуют электронные балласты с возможностью диммирования (регулировки яркости) путём изменения скважности тока питания лампы.

УДК 621.31.4

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

М.С. КИСЕЛЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Силовые трансформаторы являются одним из значимых и капиталоемких элементов энергосистем. Надежность работы электрических сетей, электростанций и энергосистем в значительной степени зависит от надежности работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов, эксплуатируемых на электростанциях и в электрических сетях, значительное количество которых на энергопредприятиях России отработали установленный стандартом ГОСТ 11677-85 срок службы 25 лет. В целом, более 40 % силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, эксплуатируемых на энергопредприятиях России, находятся в эксплуатации более 25 лет.

Основными задачами диагностики трансформаторного оборудования являются выявление дефектов и повреждений, оценка функциональной исправности оборудования, определение возможности продления срока экс-

платации без проведения ремонтных работ, определение объема ремонта при его необходимости, оценка остаточного срока службы, а также выработка рекомендаций по продлению срока службы. Кроме того, применение диагностических методов дает возможность оценить состояние целых трансформаторных парков, позволяя, тем самым производить ранжирование трансформаторов по состоянию, что, в свою очередь, позволяет снижать затраты на эксплуатацию и ремонт.

Разработка и внедрение новых методов диагностики с целью выявления дефектов и повреждений, оценка функциональной исправности оборудования, определения возможности продления срока эксплуатации трансформаторов и выполнения других задач диагностики является неотъемлемой частью постоянного совершенствования методик оценки состояния и повышения их эффективности.

Важную роль при внедрении новых методов играет системный подход к оценке состояния силовых трансформаторов, при котором оценка состояния базируется на результатах различных измерений и учете конструктивных особенностей диагностируемых объектов, что позволяет повышать достоверность полученных результатов.

Применение новых методов делает также необходимым адаптацию действующих нормативных документов, а также выработку и совершенствование соответствующих диагностических признаков для оценки результатов проведенных измерений.

УДК 628.9

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНЕШНИХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Е.Д. КОЗЛОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Перенапряжения – весьма опасные явления. Пробив изоляцию, они могут вызывать КЗ, пожары в электроустановках, опасность для жизни людей и др. Внешние перенапряжения возникают при прямых ударах молнии в электроустановку или индуцируются в линиях при ударах молний вблизи от них.

В качестве основных защитных средств от внешних повреждений применяют молниеотводы. Главной частью всех этих аппаратов является

заземлитель, который должен обеспечить надежный отвод зарядов в землю. Молниеотвод ориентирует атмосферный заряд на себя, отводя его от токоведущих частей электроустановки. Различают стержневые и тросовые молниеотводы. Стержневые молниеотводы устанавливаются вертикально. Они должны быть выше защищаемых объектов. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода – пространство вид конуса, защищенное от прямых ударов молнии. Тросовые же молниеотводы подвешивают на опорах линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше над проводами фаз. Тросы соединяют спусками с заземлением опор.

Несмотря на серьезные последствия внешних перенапряжений, с тех пор как молниеотвод был предложен в качестве средства защиты, в 1755 г., и до начала 60-х гг. XX в. никаких концептуально значимых изменений или улучшений изобретено не было. В настоящее время представлен ряд различных систем молниезащиты. Из них наиболее прогрессивные, такие как Dissipation Array System, способны полностью исключить попадания молниевых разрядов в защищаемый объект. Таким образом, повышение надежности работы электрооборудования при воздействии внешних перенапряжений обусловлено изобретением новых более современных и надежных систем молниезащиты.

УДК 621.313

ПЕРСПЕКТИВА ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОНТАКТОРОВ

С.Ю. КУЗИЧКИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. ХАТАНОВА

Контакты, предназначенные для включения-отключения электродвигателей напряжением до 1000 В и номинальным током до 60-65 А, являются наиболее массовой и одновременно технически достаточно сложной коммутационной низковольтной аппаратурой. Значительную часть в цене аппаратов составляет стоимость покупных комплектующих и материалов.

Основной составляющей себестоимости контакторов является стоимость серебрясодержащих электрических контактов. Доля стоимости серебрясодержащих контактов изготавливаемых в России и СНГ контакторов достигает значительной величины 35 %. Соразмерное повышение цен на коммутационные аппараты снижает их конкурентоспособность, застав-

ляя группы покупателей с высокой ценовой чувствительностью обращаться к зарубежной коммутационной аппаратуре.

Очередным шагом в решении проблемы экономии серебра стало создание слоистых контактов. В этих контактах ресурс работы обеспечивался достаточно тонким рабочим слоем, а габаритные размеры сохранялись за счет балластного слоя из недорогого материала. В то же время потенциальные возможности технологии производства слоистых материалов позволяют изготавливать контакты с любой сколь угодно малой толщиной рабочего слоя.

Таким образом, появление изготовителей коммутационной аппаратуры контакторов экономкласса обеспечивает превосходное конкурентное преимущество контакторов, соответствует реальным потребностям и, при надлежащей рекламе, будет способствовать формированию нового сегмента рынка коммутационной аппаратуры.

УДК 621.313.33

МНОГОФАЗНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.Г. ЛОГАЧЁВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Многофазные электродвигатели, в которых количество фаз статора превышает три, вызывают все больший интерес у научного сообщества. Поскольку многофазные асинхронные двигатели обладают относительно простой конструкцией и в силу своей многофазности обладают повышенной надежностью, изучение потенциала их использования в электроприводе видится актуальной задачей.

Так, при выходе из строя (обрыве) одной из фаз, многофазный электродвигатель сохраняет свою работоспособность. При этом наблюдается увеличение тока в неповрежденных фазах, причем величина изменения токов неодинакова и зависит от соединения фаз. Как решение проблемы несимметрии токов в оставшихся в работе фазах предлагается выполнение статорной обмотки многофазных электродвигателей разделенной на группы по 3 или 6 фаз. Кроме того, в многофазном асинхронном двигателе в каждый момент времени процент пазов статора с нулевым током относительно пазов с ненулевым током будет стремиться к минимуму. В то время

как в трехфазных машинах, когда ток в одной из фаз равен нулю, одна треть обмотки статора почти не участвует в создании вращающего момента.

Целью данной работы является выявление перспектив и изучения возможностей применения многофазных асинхронных двигателей в системах электропривода как инструмента повышения его надежности и энергоэффективности. Результаты могут быть использованы для разработки энергоэффективных многофазных электроприводов.

УДК 621.311

ПРОБЛЕМЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ОБЪЕКТОВ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ

Я.В. МАКАРОВ, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. ДАШКОВ

Одним из основных результатов энергетического обследования является составление энергетического паспорта (ЭП). Известно, что согласно ФЗ № 261 энергетический паспорт, составленный по результатам обязательного энергетического обследования, должен содержать 23 приложения.

На основе опыта, полученного в результате работ по обследованию нескольких объектов бюджетной сферы (образовательные учреждения, объекты здравоохранения и т.п.) можно выделить несколько проблем по оформлению ЭП.

В Приложение № 10 необходимо заносить данные об использовании электроэнергии (ЭЭ) на цели освещения. Часть данных достаточно легко и точно могут быть определены по результатам непосредственных осмотров всех помещений объекта (количество светильников с лампами накаливания, с энергосберегающими лампами). Хотя на наш взгляд, особой ценности данные о количестве светильников для выработки мероприятий по энергосбережению не представляют. Например, имеются светильники с одной, с двумя лампами накаливания, а некоторые светильники (люстры) имеют 3-5 ламп.

При заполнении некоторых граф Приложения № 10 возникают значительные затруднения. Например, в одной из граф необходимо привести сведения о суммарном объеме потребления ЭЭ на цели освещения за базовый и предыдущие годы. Получить эти данные при проведении энергоаудита практически ни в одном из объектов бюджетной сферы не удалось.

Лишь в одном из учреждений здравоохранения установлены электрические счетчики конкретно для учета расхода ЭЭ на освещение.

Определить расход ЭЭ на указанные цели расчетным путем очень сложно из-за трудности получения достоверных данных, которые необходимы для расчета (коэффициент спроса, годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки, время работы осветительных приборов и т.п.).

УДК 621.311

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АНАЛИЗА СОСТАВА ЖИДКОСТЕЙ НА БАЗЕ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

О.П. МАЛАЦИОН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Современная ситуация, связанная с постоянно увеличивающимся потреблением невозобновляемых природных ресурсов, необходимых для производства электроэнергии, требует разработки новых методов и информационно-измерительных систем (ИИС) для контроля их разумного и экономичного использования в ходе технологического процесса на тепловых электростанциях и других структурах подобного типа. Это особенно важно сейчас, когда вследствие финансового кризиса и уменьшения цен на сырьевые ресурсы резко сократились экономические возможности для приобретения зарубежной и отечественной дорогостоящей информационно-измерительной техники для контроля технологического процесса производства электроэнергии. Поэтому актуальным становится разработка недорогих ИИС, использующих новые принципы функционирования.

Режим эксплуатации водоподготовительных установок и водно-химический режим должны обеспечить работу электростанций и тепловых сетей без повреждений и снижения экономичности, вызванных коррозией внутренних поверхностей водоподготовительного, теплоэнергетического и сетевого оборудования, а также образованием накипи и отложений на теплопередающих поверхностях, отложений в проточной части турбин, шлама в оборудовании и трубопроводах электростанций и тепловых сетей. Вследствие этого возникает необходимость автоматизировать процессы ведения водно-химического режима, а также автоматически контролировать ионный состав исходной воды на разных стадиях её обработки. Поэтому разработка недорогой, быстродействующей ИИС для контроля состава воды является актуальной задачей.

УДК 621.3.017.6

РАСЧЕТ ЭФФЕКТА ОТ ЗАМЕНЫ ПРИБОРОВ УЧЕТА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ-ГРАЖДАН

М.С. МЕДВЕДЕВ, Р.Б. НАУМКИН, ГУ КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук Р.А. ХРАМЦОВ

Вопрос снижения потерь и увеличения уровня полезного отпуска электроэнергии остро стоит перед организациями электросетевого комплекса. Одним из наиболее активно проводимых мероприятий по снижению потерь является модернизация системы учета, однако в настоящее время не существует общепринятых методик по расчету экономического эффекта от замены счетчиков электроэнергии у потребителей.

В работе нами рассмотрены алгоритм расчета фактического экономического эффекта от замены приборов учета у потребителей-граждан и оценка планового эффекта от реализации данных мероприятий. Оценив отношение уровня затрат и ожидаемой прибыли, а также определившись с территориями, приоритетными для проведения работ, можно более рационально планировать и осуществлять совершенствование системы учета, что позволит значительно увеличить отдачу от данных мероприятий.

В разработанной методике определение экономического эффекта от установки приборов учета осуществляется на основании двух критериев: снижения уровня потерь и увеличения полезного отпуска электроэнергии. Расчет предлагается производить в разрезе трансформаторных подстанций с последующим суммированием полученных результатов в целом по компании.

Для оценки эффективности плановых мероприятий в методике предусмотрен алгоритм определения величины ожидаемого экономического эффекта. Разработан порядок определения приведенного эффекта с учетом даты замены конкретных приборов учета.

Описанный в работе метод позволяет оценить величину снижения потерь, спрогнозировать увеличение полезного отпуска, проанализировать эффективность выбора мест установки приборов учета.

Внедрение методики позволит стандартизировать расчеты, увеличить отдачу от проводимых мероприятий по совершенствованию системы

учета и повысить качество их оценки. Данную методику рекомендуется использовать в деятельности компаний электросетевого комплекса.

УДК 621.313

ПРЕИМУЩЕСТВА КОМБИНИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Р.М. МИННУЛЛИН, КГЭУ, г. КАЗАНЬ

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Р. ХУСНУТДИНОВ

Доклад посвящен преимуществам комбинированного освещения на производстве.

Электрическое освещение в жизни человека играет огромную роль. Значимость его определяется тем, что при правильном выполнении осветительных установок (ОУ), электрическое освещение (ЭО) способствует повышению производительности труда, улучшению качества выпускаемой продукции, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижает утомляемость рабочих; обеспечивает значительную работоспособность и создает нормальные эстетическое, физиологическое и психологическое воздействия на человека.

Местное и общее освещения, применяемые совместно, образуют систему комбинированного освещения. Применяется она в помещениях с точными зрительными работами, требующими высокой освещенности. При такой системе светильники местного освещения обеспечивают освещенность только рабочих мест, а светильники общего освещения – всего помещения, рабочих мест и главным образом проходы, проезды.

Система комбинированного освещения уменьшает установленную мощность источников света (ИС) и расход электроэнергии, так как лампы местного освещения включаются только на время выполнения работ непосредственно на рабочем месте.

Выбор той или иной системы освещения определяется в основном размещением оборудования и соответственно расположением рабочих мест, технологией выполняемых работ, экономическими соображениями.

Одним из основных показателей, характеризующим целесообразность применения комбинированной системы освещения, является плотность расположения рабочих мест в помещении ($\text{м}^2/\text{чел.}$).

УДК 621.311

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Р.Р. НАЗМИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Условия работы и физические процессы, протекающие в коммутационных аппаратах, являются весьма разнообразными и сложными. Работа и износ коммутирующих контактов определяются конструкцией контактов, свойствами материала проводников и условиями, существующими во внешней среде и в электрической цепи, как при замкнутом положении контактов, так и при их разомкнутом положении, а также в процессе включения и отключения.

Одной из важнейших характеристик любого коммутационного аппарата низкого напряжения является его коммутационная износостойкость, от которой зависит вероятность безотказной работы устройства. Уменьшение износа приводит к повышению надежности системы электропитания.

Характерным для всех низковольтных контактных аппаратов является то, что после расхождения электрических контактов возникает электрическая дуга, которую необходимо погасить за минимальное время, чтобы избежать аварийной ситуации и выхода из строя оборудования цепи электропитания.

При работе данных аппаратов на рабочей поверхности электрических контактов могут происходить различные процессы механического характера, тепловые, дуговые, эмиссионные, перехода компонентов электрических контактов с одного контакта на другой, которые могут вызывать интенсивный износ и эрозию рабочей поверхности контактов. Следовательно, для уменьшения износа рабочей поверхности электрического контакта необходимо искать пути, которые уменьшают эрозию.

В результате теоретических и экспериментальных исследований низковольтных аппаратов выявлены зависимости вероятностей безотказной работы от числа коммутаций для автоматических выключателей, магнитных пускателей и контакторов. Сравнение расчетных и экспериментальных значений надежности аппаратов позволяет сделать выводы о достоверности проведенных расчетов.

УДК 621.316.1.05

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6-10 кВ

Р.Б. НАУМКИН, И.Б. НАУМКИН, ГУ КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, с.н.с. В.М. ЕФРЕМЕНКО

Одной из главных задач, стоящих перед электросетевыми организациями, является обеспечение должного уровня качества электроэнергии на границе раздела с потребителем. В соответствии с ГОСТ-13109-97, основным показателем качества электрической энергии является установившееся значение отклонения напряжения.

Значение напряжения передаваемой электрической энергии зависит, в первую очередь, от величины напряжения центра питания. Однако в процессе передачи электроэнергии потребителю качественные показатели изменяются. Наиболее частые случаи выхода напряжения за установленные пределы наблюдаются в распределительных сетях 6-10 и 0,4 кВ. Это связано со значительным износом распределительных сетей и их протяженностью, быстрым ростом нагрузок в жилом секторе, что приводит к несоответствию значений установленной и присоединенной мощности, а также наличием случаев безучетного и бездоговорного потребления. Указанные факторы отрицательно влияют на уровень напряжения в частном секторе, что особенно выражено в городской черте.

С целью оценки влияния параметров сети на напряжение в различных точках создана имитационная модель участка распределительной сети. Моделирование осуществлено посредством инструментов программного комплекса «Simulink». В качестве примера выбран реальный фидер 10 кВ общей протяженностью 3,71 км. Передача электроэнергии по данному фидеру осуществляется до 8 трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ (ТП) установленной мощности от 160 до 630 кВА.

На базе выбранного фидера проведена апробация работы модели по условию изменения нагрузки ТП. Сравнение результатов проведенного анализа с фактическими показателями уровня напряжения, зафиксированными в замерный день, показало отличие параметров фидера от каталожных данных. Действительное падение напряжения в линиях оказалось выше прогнозного на 7..12 %.

По результатам исследования планируется создание методики выбора мест установки вольтодобавочных трансформаторов, оптимальных с точки зрения поддержания требуемого уровня напряжения. Внедрение таких элементов позволит привести значение напряжения в соответствие с требованиями нормативных документов без проведения полной реконструкции сетей, требующей значительных инвестиционных вложений.

УДК 621.31.4

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.Ф. НИЗАМИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Энергосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. Экономия электроэнергии означает, прежде всего, уменьшение потерь электроэнергии во всех звеньях системы электроснабжения и в самих электроприемниках. Потери электроэнергии кабельных цеховых сетей составляют заметную долю на промышленных предприятиях. Так, например, в сетях 0,4-6(10) кВ потери активной мощности доходят до 10 %, при недопустимом повышении более 4-5 %.

Одним из основных путей экономии электроэнергии на промышленных предприятиях является экономия электроэнергии в кабельных сетях, включение под нагрузку резервных линий электропередачи.

Экономить электроэнергию в КЛ можно за счет:

- сокращения длины линий, например, от цехового трансформатора до приемника электроэнергии;
- увеличения сечений КЛ до экономически целесообразных значений, определяемых технико-экономическими расчетами (ТЭР);

– повышения $\cos\phi$ электроустановок; увеличения напряжения сети.

Одним из перспективных путей снижения потерь электроэнергии в цеховых сетях является применение при реконструкции систем электропитания напряжения 660 В. Это обусловлено тем, что позволяет не только снизить потери электроэнергии и расход цветных металлов в сетях до 1 кВ, но и увеличить радиус действия цеховых подстанций и единичную мощность цеховых трансформаторов до 1000-2500 кВ · А. Внедрение напряжения 660 В значительно упрощает схему электроснабжения, сокращает необходимое количество электрооборудования напряжением выше 1 кВ, капитальные вложения и потери электроэнергии.

УДК 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ АЛЮМИНИЕВЫХ И МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ В ЖИЛЫХ ДОМАХ

О.В. НИКИТИНА, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Н. КЛОЧКОВА;

канд. техн. наук, доц. А.В. ОБУХОВА

Сегодня мы не представляем свою жизнь без электричества. Однако, помимо комфорта и удобств электричество таит в себе угрозу. Опасность, в первую очередь, связана с возможностью поражения людей током и, во вторую, – с пожарами, возникающими из-за неисправности электрооборудования и повреждения электропроводки.

Электропроводка в жилых домах часто не рассчитана на одновременное включение большого количества электроприборов.

Увеличение нагрузки может вызвать следующие неблагоприятные явления:

– перегрузки электрической сети (большая мощность нагрузки по сравнению с расчетной для проводников и силового оборудования);

– короткие замыкания в электрической сети (прямой контакт проводников, находящихся под различными потенциалами).

Надежность, долговечность и безопасность проводки во многом определяется выбором материала проводов и кабелей. Провода и кабели из алюминия подвержены коррозии, со временем меняется их кристаллическая структура, а значит и электропроводящие свойства. Увеличение внутреннего сопротивления в итоге ведет к потерям электроэнергии, разогреву проводов и соединений. Замеры сопротивления изоляции в жилых домах

требуется проводить с периодичностью от одного года до трёх лет в зависимости от категории помещения.

Авторы исследовали потери энергии и износ изоляции при одинаковой нагрузке в стояке жилого дома при выполнении проводки алюминиевыми и медными проводниками. При одинаковом сечении проводника 50 мм^2 относительный износ изоляции для медного составил 0,53, а для алюминиевого 8, т.е. старение изоляции увеличивается в 8 раз. При одинаковом относительном старении изоляции 0,53 сечение алюминиевого проводника должно составить 70 мм^2 , а медного – 50 мм^2 . В этом случае годовые потери электроэнергии, например, в 10-этажном доме с электрическим плитами для алюминиевых проводов, составляют 3348 кВт·ч, для медных 2598 кВт·ч, что больше на 30 %.

Подобные исследования электрической проводки жилых домов, находящихся в эксплуатации, позволяют оценить реальный срок службы и планировать замену электропроводки, исходя из реальной загрузки сети, что является актуальным в связи с постоянным ростом потребляемых мощностей.

УДК 621.311

ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЕЙ МЕТОДОМ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

А.П. РЕШЕТНИКОВ, И.Р. САДЫКОВ, А.А. САХАПОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.В. ИВШИН

Целью проведения исследования был анализ преимуществ и актуальности диагностики кабеля методом частичных разрядов над устаревшими методами.

В последние годы все более широкое распространение в России и за рубежом получило мнение о необходимости замены испытаний кабельных линий повышенным напряжением постоянного тока, превышающем рабочее напряжение в 3...6 раз рабочее напряжение ($U_{\text{раб}}$), на диагностику изоляции с помощью измерения частичных разрядов (ЧР), токов утечки, абсорбционных токов и других методов с приложением напряжения ($1...1,5$) $U_{\text{раб}}$.

Дело в том, что проведение испытаний кабеля, находящегося в эксплуатации продолжительное время, повышенным напряжением отрицательно влияет на изоляцию и снижает срок эксплуатации.

В отличие от испытаний диагностика изоляции кабельной линии относится к неразрушающим методам контроля. Одним из прогрессивных методов диагностики является метод измерения ЧР, позволяющий не только определить уровень частичных разрядов в кабельной линии, но и определить их местонахождение по длине.

Характеристики ЧР зависят от типа, размера и местоположения дефекта, изоляционного материала, приложенного напряжения, температуры кабеля; также изменяются с течением времени. Повреждения из-за ЧР зависят от ряда факторов и могут изменяться в диапазоне от незначительных до опасных, приводящих к отказам в сроки от ближайших дней до нескольких лет.

Графически этот принцип можно интерпретировать тангенсом угла диэлектрических потерь.

В диагностике методом ЧР применяются следующие приборы:

- устройство локализации дефекта **Shirla**;
- **Syscompact 2000/32** – компактная система для локализации мест повреждения;
- **ULB 30** – система для точной локализации дефектов высоковольтных кабелей.

УДК 658.26:621.311

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.Н. РИДЗЕЛЬ, НИУ МЭИ, г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.М. ХЕВСУРИАНИ

Выбор эффективных первичных источников энергии, которые должны заменить невозобновляемые природные ресурсы органического топлива, является принципиальным вопросом построения и развития энергетической системы будущего.

А выбор их весьма ограничен. Это солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, приливная энергия, и, возможно, термоядерная. Вот, по существу, и весь выбор.

В ближайшие 30-40 лет серьезно можно рассчитывать только на солнечную энергию. Она наиболее доступна для ускоренного развития эффективных и конкурентоспособных технологий и энергетических систем.

Объединение солнечной энергии и водорода позволяет в значительной степени ослабить серьезные недостатки солнечной энергии, пока еще

ограничивающие ее широкое применение – непостоянство во времени (суточные, сезонные и погодные колебания) и относительно невысокая плотность солнечного энергетического потока, которая к тому же существенно варьируется в зависимости от широты места на поверхности Земли.

Тем не менее неисчерпаемость солнечной энергии, ее огромные суммарные количества, во много раз превосходящие даже прогнозируемые потребности человечества в энергии, а также экологическая чистота ставят солнечную энергетику на одно из первых мест в ряду возобновляемых источников энергии.

Большие возможности хранения водорода в таких системах по сравнению с консервацией электричества в аккумуляторах способствуют выравниванию и балансу меняющихся нагрузок, характерных для солнечной и ветровой энергии. Это позволяет использовать энергоресурсы, максимально адаптированные к региональным особенностям, более гибко сочетать централизованные и децентрализованные источники энергии, особенно для отдаленных мест и объектов (северных территорий, горных поселений, фермерских хозяйств, островов и т.п.).

УДК 621.311.4

ЗАЩИТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

М.Г. САЛАХОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. И.А. ХАТАНОВА

Внешние перенапряжения электрических сетей сегодня являются настоящей проблемой для потребителей электрической энергии. К ним относятся как многоквартирные дома, которые буквально напичканы самыми разнообразными электрическими бытовыми приборами и дорогостоящей электроникой, так и промышленные предприятия, электрические подстанции и отдельные электроприемники, которые могут выйти из строя из-за резкого скачка напряжения, вызванного самыми различными факторами.

Главным виновником таких проблем является молния. И в этом случае единственным способом защиты аппаратуры, подключенной к сети, являются ограничители перенапряжения, которые могут быть установлены, как централизованно, так и у отдельного электроприемника, например, буровой установки, хозяин которой понимает какой ущерб ему может нанести грозовой удар, попавший в электросеть.

Использование ограничителей перенапряжения (ОПН) является наиболее эффективной защитой от внешнего перенапряжения. Ограничитель представляет собой разрядник без искровых промежутков, активная часть которых состоит из металлооксидных нелинейных резисторов (МНР) с высоконелинейной вольт-амперной характеристикой.

Основным их отличием от разрядника являются: отсутствие искровых промежутков и, соответственно, постоянное подключение к сети, а также более высокая нелинейность вольтамперной характеристики. За счет этих факторов ограничитель находится все время под напряжением сети и ток, протекающий через него, меняется от десятых долей миллиампера в нормальном режиме работы сети до сотни и тысячи ампер при воздействии коммутационных и грозовых перенапряжений. Поэтому выбор ограничителя определяется энергетическими воздействиями на него в коммутационных, грозовых и иных режимах (повышения напряжения в рабочих режимах, квазистационарных перенапряжениях).

УДК 621.315

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

И.И. САНИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

В настоящее время все известные объекты постоянного тока делятся на две группы. К первой из них относятся электропередачи постоянного тока (ППТ), где электрическая энергия передается на какое-то расстояние. Неотъемлемой частью этих электропередач является воздушная или кабельная линия постоянного тока. Ко второй группе относятся так называемые вставки постоянного тока (ВПТ), где линия постоянного тока отсутствует.

В данной работе описывается использование постоянного тока при передаче электроэнергии, так как передача на постоянном токе имеет ряд преимуществ.

При передаче на переменном токе мы сталкиваемся с проблемой – реактивной мощностью, которая составляет существенную часть потерь в линии электропередач. С реактивной мощностью же связано и неэффективное использование сечения проводника, а соответственно и ограничение по передаче всей необходимой активной мощности. При передаче на

постоянном токе понятие «реактивная мощность» отсутствует вообще, проводник используется на все 100 % активной мощности.

Постоянный ток не подвержен поверхностному эффекту (скинн-эффекту), т.е. сечение проводника используется полностью. Следовательно, при одном и том же сечении проводника на постоянном токе можно передать больше мощности.

Трёхфазное переменное питание требует трёх проводников, а постоянный ток обходится двумя или одним, а это уже означает об уменьшении зоны отчуждения, что имеет экологическую и экономическую выгоду.

При переходе на постоянный ток три фазных провода, используемых для передачи переменного тока, можно будет использовать, допустим, следующим образом: два провода используются для биполярной передачи постоянного тока, а третий – как горячий резерв. Это увеличит надёжность электроснабжения.

При передаче на постоянном токе имеются и недостатки. Дороговизна преобразовательной техники, но и это перестаёт быть существенной проблемой, когда речь идёт о передаче огромных мощностей на большие расстояния и о надёжном электроснабжении.

УДК 621.313

ДИАГНОСТИКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Д.В. САТАТОВСКИХ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Р. ХУСНУТДИНОВ

Надёжность любого электрооборудования и аппаратуры автоматики существенным образом зависит от условий эксплуатации. Условия эксплуатации в производственных помещениях характеризуются климатическими и электромеханическими воздействиями, режимами работы и отсутствием рационального технического обслуживания.

К климатическим воздействиям относятся температура, влажность, запыленность и загазованность окружающего воздуха, атмосферное давление, интенсивность дождя, выпадение росы и инея, скорость движения воздушной струи, ночные и дневные перепады температуры.

К электромеханическим воздействиям относятся вибрационные и ударные нагрузки при работе и перемещениях, колебаниях частоты и напряжения питания.

Повышенная температура вызывает перегрев электрооборудования, ускоряет старение изоляции, смазочных материалов и уплотнителей. На-

оборот, пониженная температура снижает прочностные свойства пластмасс, резины, металла.

Повышенная запыленность и наличие агрессивных газов приводят к загрязнению смазки, снижают поверхностное сопротивление и вызывают коррозию изоляционных материалов. Наличие в атмосфере углекислого газа, окислов серы и азота, а также высокая влажность приводят к образованию кислотных вод и капель конденсата, что также увеличивает скорость коррозии материалов, является одной из причин короткого замыкания токоведущих частей.

Ориентировочный расчет надежности проводят в простейших предположениях и не учитывают эксплуатационных режимов использования элементов изделия.

Уточненный расчет надежности отличается от ориентировочного тем, что в нем учитывают электрические, тепловые и прочие эксплуатационные режимы элементов изделия.

УДК 621.316.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДО 1000 В ОБЪЕКТОВ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ

В.Е. СЕМИН, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. ДАШКОВ

Анализ режима работы системы электроснабжения (СЭС) объектов бюджетной сферы (образовательные учреждения, спортивный комплекс, общежития) проводился на основании результатов инструментального обследования, которое выполнялось с помощью прибора Ресурс-UF2.

В результате анализа установлено, что практически у всех образовательных учреждений на протяжении недели в периоды с 0:00-6:00 и с 17:00-24:00 часов, потребление активной и реактивной мощностей имеет равномерный характер и минимальную величину.

В дневные часы рабочих дней с 6:00 (7:00) до 17:00 (19:00) ч активная и реактивная мощности постепенно увеличиваются, достигая максимального значения к 12:00 (13:00) ч, а затем также постепенно снижаются до минимального значения.

По значениям мощностей для некоторых объектов определялись значения загрузки силовых трансформаторов.

Фактический коэффициент загрузки многих трансформаторов оказался ниже значений, рекомендуемых нормативными документами. Однако расчеты показали, что замена недогруженных трансформаторов транс-

форматорами меньшей мощности для рассматриваемых объектов не рациональна и снижение потерь электроэнергии не будет.

Значительную проблему для систем электроснабжения некоторых обследуемых образовательных учреждений представляет неравномерная нагрузка фаз. Например, для одного из силовых распределительных пунктов нагрузка в 13:00 составляла: $P_A = 6,3$ кВт, $P_B = 9$ кВт, $P_C = 3,5$ кВт. Неравномерная нагрузка фаз, увеличивает потери электроэнергии в фазных проводах, и кроме этого, возникают дополнительные потери электроэнергии за счет прохождения тока по нулевому проводу.

Полученные результаты анализа отражены в соответствующих отчётах и использованы при разработке путей улучшения режима работы СЭС.

УДК 621.311

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Д.А. СКОКОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Электроэнергия – товар совершенно особого рода. Его свойства могут изменяться во времени. Этот товар в случае возникновения претензий к нему нельзя обменять у продавца на аналогичный лучшего качества, как это может быть сделано с большинством других товаров.

Изменения характеристик электрической энергии, относящиеся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения, разделены в стандарте на две категории:

- продолжительные изменения характеристик напряжения;
- случайные события.

Ни для кого не является секретом тот факт, что надёжность и эффективность работы установленного в нашем доме электрооборудования напрямую зависит от качества поступающей в квартиру электроэнергии. Для контроля качества потребляемой и вырабатываемой в сетях с частотой 50-60 Гц электроэнергии обычно используются специальные многофункциональные стационарные или переносные приборы – так называемые электроанализаторы.

Анализаторы качества электроэнергии представляют собой самостоятельный класс электрических приборов, которые предназначены для измерения, обработки и регистрации большого количества параметров, определяющих количественные и качественные характеристики потребляемой или вырабатываемой электроэнергии.

УДК 621.313

ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

К.Р. СУЛАЙМАНОВ, КГЭУ, г. КАЗАНЬ

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

Нагревание оборудования является одним из основных показателей режима его работы и технического состояния. По нагреву можно судить о нагрузке электрооборудования, обнаружить возникновение неисправности, например в контактах или системе охлаждения. Температура оборудования – это первое, на что обращает внимание дежурный персонал в процессе обслуживания. К измерению температуры оборудования в энергетике предъявляются два основных требования: точность и надежность. В большинстве своем точность измерения температуры оборудования находится в пределах $\pm 1-1,5$ °С, кроме измерения температуры водоохлаждаемых обмоток, где точность лежит в пределах $\pm 0,5$ °С. При различных испытаниях и исследованиях температура измеряется с точностью до $\pm 0,1$ °С. Требования к надежности измерения температуры оборудования достаточно жесткие, так как от термоконтроля зачастую зависит надежность работы, например, подшипников и подпятников, изоляции обмоток и т.п. Система термоконтроля должна быть долговечна, допускать простую калибровку в любое время (проверку «нуля» и фиксированной точки температуры) и не подвергаться влиянию внешних факторов – вибрации, сильных электрических и магнитных полей. При работе электрических машин, трансформаторов, аппаратов, проводов, кабелей и другого оборудования возникают потери энергии, превращающиеся, в конечном счете, в теплоту.

Целью научно-исследовательской работы является разработка и внедрение беспроводной системы мониторинга температуры, удовлетворяющей современным высоким технологическим требованиям.

Проектируемую систему планируется применять для любых электрических приборов, шкафов, щитков, электролиний. Область применения беспроводной системы мониторинга очень широка.

УДК 621.311

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЧАСОВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ

Т.В. ТРУТНЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Современное металлургическое предприятие является сложным объектом, на электропотребление которого оказывают влияние различные факторы, число которых не поддается точному определению. Каждое предприятие является индивидуальным по составу влияющих факторов и вкладу каждого фактора. Кроме того, влияние того или иного фактора может изменяться во времени и иметь нелинейный характер. Все эти причины затрудняют построение системы прогнозирования электропотребления металлургического предприятия.

Для обеспечения правильности прогнозирования следует выбрать те факторы, вклад которых в электропотребление является значительным, а совокупность этих факторов будет представлять собой репрезентативную выборку. Выбор таких факторов для каждого случая является отдельной задачей. До начала прогнозирования производится предварительное оценивание влияния предполагаемых факторов прогнозирования. В процессе прогнозирования может оказаться, что достижение необходимой точности прогноза затруднено или невозможно, что требует возврата к оценке влияния факторов и коррекции их набора.

Для крупного металлургического предприятия прогнозирование расхода электроэнергии обеспечивается теоретическими разработками и практикой внедрения, которые основываются на следующих результатах:

- 1) произведена оценка качества прогнозирования;
- 2) произведен анализ результатов прогнозирования электропотребления для целей работы предприятия на ОРЭМ;
- 3) разработана система прогнозирования электропотребления промышленного предприятия на основании изложенных выше фактов.

УДК 62-83

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

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

В условиях свободного рынка энергоресурсов и перспектив их удорожания возрастает актуальность внедрения энергосберегающего оборудования и технологий. Эффективность использования энергоресурсов в России в настоящее время не превышает 30 %, т.е. около 2/3 подведенной энергии теряется в процессе ее конечного использования. Между тем современный уровень развития техники позволяет иметь коэффициент полезного использования энергоресурсов не менее 50-60 %, что может создать благоприятные условия для решения важных экономических и социальных проблем предприятия.

Одним из направлений энергосбережения в промышленности является внедрение частотно-регулируемого электропривода. В мировой практике регулируемый электропривод признан одной из наиболее эффективных энергосберегающих и ресурсосберегающих экологически чистых технологий. Его использование позволяет оптимизировать работу электродвигателей, исключить непроизводительное потребление электроэнергии.

Кроме повышения к.п.д. и энергосбережения регулируемый электропривод с частотным преобразователем позволяет получить новое качество управления.

Это выражается в отказе от дополнительных механических исполнительных устройств в автоматизированных системах управления производственными процессами, снижающих надежность системы. Среди таких исполнительных устройств могут быть: заслонки, дроссели, задвижки, регулирующие клапаны. Вместо механического тормоза можно использовать торможение с помощью регулируемого электропривода с частотным преобразователем, которое осуществляется за счет обратного вращения электромагнитного поля в статоре электродвигателя.

Целесообразно использование преобразователей частоты не в качестве элементов системы управления конкретного агрегата, а как составляющих комплексных системных решений с подключением широкого набора средств автоматизации технологического процесса. Такие решения позволят получить дополнительный эффект, который заведомо больше простой экономии электрической энергии.

УДК 621.313

ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И ДРУГИХ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ

И.И. ФАТЫХОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Электромагнитная совместимость (ЭМС) – способность технических средств одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам. В реальных условиях в месте расположения электрооборудования действует большое число различного рода излучений, учёт которых возможен при помощи методов теории вероятности и математической статистики. Обеспечение нормальной работы совместно работающих технических средств является целью ЭМС как научной проблемы. Предметом же изучения можно считать выявление закономерностей мешающего взаимодействия совместно работающих технических средств, на базе которых формируются рекомендации для достижения цели.

Стенды и оборудование лаборатории позволяют проводить комплексные измерения светотехнических и электрических характеристик источников света, в том числе и светодиодных. Лаборатория проводит исследования деградации светотехнических характеристик светодиодных источников света.

УДК 621.316.721:723

О ВЫБОРЕ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ КАБЕЛЯ С ИЗОЛЯЦИЕЙ СПЭ В СЕТЯХ 6-35 кВ

М.А. ФОМИН, НИУ МЭИ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук Е.Н. РЫЖКОВА

Интенсивность деградации СПЭ изоляции (снижение электрической прочности изоляции при рабочем напряжении и перенапряжениях) опре-

деляет эксплуатационную надежность и срок службы кабеля. Она во многом зависит от длительности существования и величины последствий (уровня перенапряжений на неповрежденных фазах, вероятности перехода однофазного замыкания на землю в двойное замыкание на землю и многофазное короткое замыкание и др.) однофазного замыкания на землю, что в свою очередь определяется режимом заземления нейтрали сети.

Согласно IЕС 60502-2, все сети делятся на три категории А, В, С:

– к категории А относятся сети, в которых любой фазный проводник, находящиеся в контакте с землей или заземленным проводником, отключается от системы в течение 1 мин.;

– к категории В относятся сети, которые в течение короткого времени (не более 1 ч) могут эксплуатироваться с одной заземленной фазой. Для кабелей подпадающий под этот стандарт, может допускаться и более длительный период, но не более 8 ч. Общая продолжительность замыканий на землю в год не должна превышать более 125 ч;

– к категории С относятся все сети, не вошедшие к категории А или В.

Значения номинального напряжения кабеля (U) в зависимости от категории и напряжения сети приведены в табл. 1.

Таблица 1

Напряжение электрической сети, кВ		Рекомендуемое номинальное напряжение кабеля U , кВ	
номинальное U	максимальное U_m	для сетей категорий А и В	для сетей категорий С
6	7,2	6	10
10	12	10	15
15	17,5	15	20
20	24	20	30
30	36	30	-
35	42	35	-

Таким образом, для повышения ресурса изоляции кабельных линий 6-35 кВ с изоляцией СПЭ, номинальное напряжение кабеля должно определяться режимом заземления нейтрали электрических сетей, характеризующим эффективность локализации возникающих однофазных замыканий на землю.

УДК 621.311

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Л.Р. ХАБИБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Энергосбережение и повышение энергоэффективности являются одними из самых перспективных и развивающихся направлений научно-исследовательских работ в электроэнергетике. Потери энергии характерны для всех систем распределения электроэнергии главным образом благодаря потерям в трансформаторах. Проведенный аналитический обзор публикаций, научных работ по данной проблематике позволил оценить результаты исследований, определить перспективные направления дальнейших научных изысканий в данной области и в частности возможную экономию потребляемой энергии до 30 %.

Основными путями снижения потерь электроэнергии в промышленности является снижение потерь электроэнергии в действующих системах электроснабжения, включающее в себя следующее:

- применение экономически целесообразного режима работы силовых трансформаторов;
- организационно-технические мероприятия, которые разрабатываются конкретно на каждом предприятии с учетом его специфики;
- нормирование электропотребления, разработка научно-обоснованных норм удельных расходов электроэнергии. Это предполагает наличие на предприятиях систем учета и контроля расхода электроэнергии.

Замена обычных трансформаторов на трансформаторы серии ТМГ 12 позволяет сэкономить денежные средства, повысить к.п.д., улучшить работу защиты и повысить безопасность работы электрической сети. Потери холостого хода и короткого замыкания снижены на 30 %.

В результате потери значительно сократились и можно сделать вывод, что модернизация дает значительный экономический эффект.

УДК 621.311.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕПОЛНОФАЗНЫХ РЕЖИМОВ

А.Н. ХАЕРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Наличие отличных от нормальных ситуаций в системах электро-снабжения, вызванных производственными (при ремонтно-эксплуатационном обслуживании) и режимными нарушениями, ставит перед энергетиками необходимость рассмотрения и решения вопросов по разработке штатных мероприятий по обнаружению и скорейшей ликвидации аварийных режимов. Это касается и возникающих в электрических сетях неполнофазных режимов (НПФР).

Опасность при возникновении НПФР, на конкретных схемах:

1) прежде всего, это возможность возникновения феррорезонансных режимов (ФР), которые сопровождаются повышением линейных и фазных напряжений выше номинального.

ФР возникает при следующих условиях:

– неполнофазном питании трансформатора, работающего в режиме холостого хода, или при наличии близкого к нему трансформатора с изолированной нейтралью;

– наличии подключённой ёмкости к трансформатору в фазе, где имеется обрыв;

2) на тупиковых подстанциях, работающих с трансформаторами с ИН, возможны повреждения трансформаторов напряжения (ТН) из-за самопроизвольного смещения нейтрали и при отсутствии НПФР;

3) при НПФР производство операций с разъединителем в нейтрали силового трансформатора представляет опасность из-за возможного появления больших токов, протекающих через нейтраль.

Поэтому НПФР необходимо ликвидировать в кратчайшие сроки. Возникает необходимость разработки и внедрения специфических автоматических устройств, задачей которых является распознавание и ликвидация НПФР в зависимости от его вида.

Задача выявления и оценки НПФР актуальна:

– для автоматических устройств – по физическим процессам и соотношениям физических величин (фазные, линейные напряжения, токи, фазные углы и т.д.);

– для персонала – по показаниям измерительных приборов.

УДК 628.7

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОЙ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

А.С. ХРАМУШКИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Энергосбережение – комплекс мер для обеспечения эффективного и рационального использования энергоресурсов.

В настоящее время самыми эффективными признаны следующие направления деятельности по энергосбережению:

- 1) создание нормативной и правовой базы энергосбережения;
- 2) создание необходимых экономических механизмов;
- 3) создание финансовых механизмов энергосбережения;
- 4) проведение политики ценообразования, которая отражает затраты на энергоресурсы, производимую продукцию, услуги и определяет уровень жизни;
- 5) создание системы управления энергосбережением;
- 6) создание информационной системы пропаганды проблем энергосбережения, обучения, переподготовки кадров, менеджеров.

Основа энергосбережения – рациональное использование энергоресурсов и сокращение их потерь. Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. В них ежегодно расходуется в среднем 400 кВт·ч на человека, из которых примерно 280 кВт·ч потребляется внутри квартиры на освещение и бытовые приборы различного назначения и 120 кВт·ч – в установках инженерного оборудования и освещения общедомовых помещений. Внутриквартирное потребление электроэнергии составляет примерно 900 кВт·ч в год в расчёте на «усреднённую» городскую квартиру с газовой плитой и 2000 кВт·ч – с электрической плитой.

Простота и доступность электроэнергии породили у многих людей представление о неисчерпаемости наших энергетических ресурсов, притупили чувство необходимости её экономии. Между тем, электроэнергия сегодня дорожает. Поэтому старый призыв «Экономьте электроэнергию!» стал ещё более актуальным.

УДК 621.316

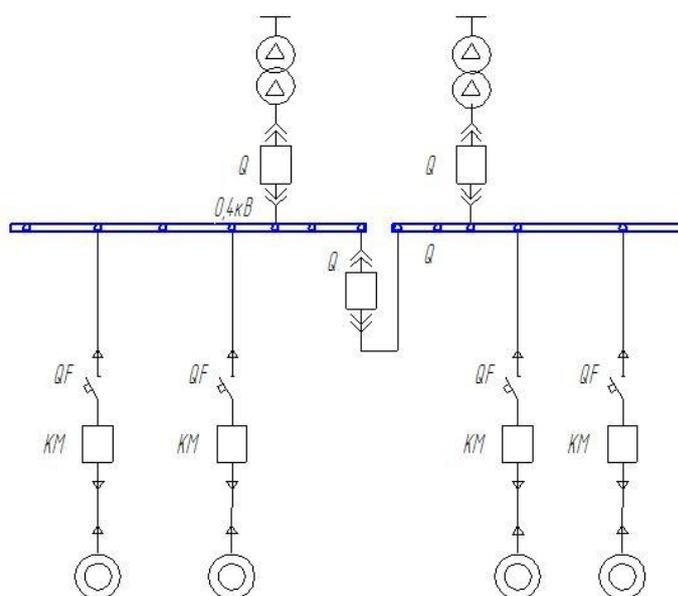
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СХЕМ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕТИ

А.В. ШАГИДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Моделирование схем цехового электроснабжения осуществляется в системе MATLAB. Для моделирования использовался пакет прикладных программ Simulink и пакет моделирования энергетических систем Power-SystemBlockset вычислительной системы MATLAB. Рассматривались возможные схемы распределительной сети 0,4 В отделения диоксида углерода цеха по производству ингибиторов № 1 предприятия ОАО «Казаньоргсинтез».

Модель была разработана для изучения эквивалентных сопротивлений сети, определение доли сопротивления контактных соединений.



На основе разработанной графической модели можно организовать безбумажную технологию расчетов нормальных и аварийных режимов работы электрических сетей, анализа результатов и выработки стратегии управления.

УДК 544.636

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.И. ШАЙДУКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Суперконденсаторы (СК) являются относительно молодым типом источников тока с точки зрения широты индустриального воплощения по сравнению с традиционными первичными и вторичными источниками тока и электрическими конденсаторами, и могут использоваться в приборостроении, энергетике, автомобилестроении, машиностроении и электротехнике как перезаряжаемый источник постоянного тока.

Целью научно-исследовательской работы является изучение перспектив развития и применения СК в качестве источника бесперебойного питания, удовлетворяющего современным высоким требованиям.

При отключении сети, накопители энергии в трехфазных источниках бесперебойного питания (ИБП) должны обеспечить питанием нагрузку в течение определенного времени. Комплекты СК в ИБП обеспечивают 100 % гарантию включения реле при любом состоянии СК и любой периодичности следования циклов включения/отключения реле и увеличивают скорость срабатывания реле на 0,1-0,2 секунды, ограничивают пусковые токи, с их помощью достигается значительная экономия за счет исключения отказов включения и пропадания сети. Применение суперконденсаторов приводит к снижению массогабаритных параметров устанавливаемых коммутационных аппаратов. Сами суперконденсаторы специального обслуживания не требуют, и имеют срок службы 10 лет. Такие ИБП обеспечивают синусоидальную форму и симметрию трехфазного выходного напряжения, предъявляющие повышенные требования к качеству электропитания.

В настоящее время высоковольтные суперконденсаторы могут быть легко адаптированы, и уже внедряются без практической переделки обо-

рудования заказчика в подстанциях распределительных систем, линейных «реклезерах», централизованных распределительных устройствах, подстанциях распределительных систем с собственным источником кратковременного поддержания перегрузок, подстанциях заказчиков (потребителей), малые генерирующих системах (ГТЭС: 1 МВт...20 МВт).

УДК 621.311

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕХОВОЙ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Н. ШАКИРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

На сегодняшний день все больше уделяется внимания вопросам энергосбережения, что достигается рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов. Одной из основных задач энергосбережения является повышение точности расчетов потерь электроэнергии. На промышленном предприятии потери электроэнергии являются одной из важных составляющих, характеризующих экономичность работы цеховых сетей, а точное определение величины потерь с минимальной погрешностью расчетов необходимо для решения многих задач.

В данной работе исследовано эквивалентное сопротивление цеховой сети методом корреляционно-регрессионного анализа. Для вычисления эквивалентного сопротивления цеховых сетей можно получить упрощенные выражения, обеспечивающие необходимую точность и позволяющие сократить объем требуемой исходной информации.

Выявлены основные факторы, влияющие на величину эквивалентного сопротивления цеховой сети: суммарная длина ответвлений от магистрали; длина магистрали; протяженность сети ($l_{\text{сум}}$); число ветвей, количество участков; протяженность сети на распределенный 1 кВт нагрузки [м/кВт]; средневзвешенный коэффициент загрузки; количество коммутационных аппаратов; сечение кабеля; средняя длина линии ($l_{\text{ср}}$); температура окружающей среды; удельный расход металла на распределенный 1 кВт нагрузки [кг/кВт]; отношение $l_{\text{сум}}/F_{\text{сум}}$ (F – сечение); отношение l_0/F_M (l_0 – длина ответвлений, F_M – сечение магистрали).

Корреляционно-регрессионный анализ позволяет учесть факторы при определении величины эквивалентного сопротивления, что, в свою очередь, повышает точность расчетов потерь электроэнергии в цеховых сетях промышленных предприятий.

УДК 621.311

ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Т.Ф. ШАКИРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Трудно найти сферу бизнеса, где бы ни использовались персональные компьютеры.

Очевидно, что информационные сбои в любой из этих областей могут привести к весьма серьезным последствиям.

Условия выбора источника бесперебойного питания:

– номинальный ток выбранного выключателя должен быть выше номинального тока нагрузки;

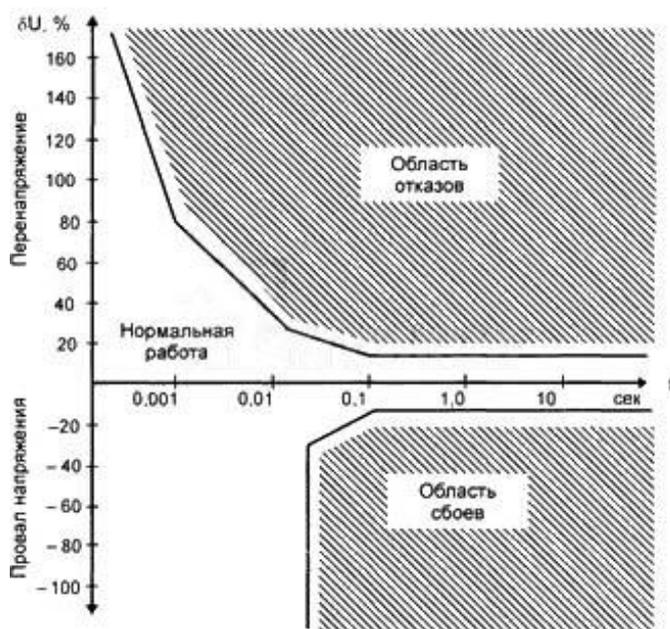
– отключающая способность должна выбираться немного больше тока КЗ, возможного в точке установки;

– пороговые значения (уставки) I_r и I_m .

До настоящего времени в Российской Федерации действует ГОСТ 27699-88 (Стандарт СЭВ 5874-87) «Системы бесперебойного питания приемников переменного тока. Общие технические условия». Так как основным назначением СБЭ является электроснабжение инфокоммуникационного оборудования, требования к ИБП наряду с рекомендациями стандарта определяются следующими факторами:

- характеристиками блоков питания оборудования;
- обеспечением надежности электроснабжения при некритичных авариях и неисправностях в самой СБЭ;
- обеспечением электромагнитной совместимости.

На рисунке представлены области нормального функционирования и области отказов и сбоев импульсных блоков питания в зависимости от напряжения и времени нарушения электроснабжения.



УДК 621.311

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.Н. ШАКИРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Для проектирования электроснабжения промышленных предприятий, выявления условий эксплуатации электрооборудования на пониженных трансформаторных подстанциях необходимо иметь сведения о потребляемой мощности в различные сезоны года и в различные часы суток. Режим работы трансформаторной подстанции постоянно меняется в зависимости от суммарной мощности, потребляемой всеми токоприемниками.

Наглядное представление о нагрузке трансформаторной подстанции дают **графики электрических нагрузок**. Различают графики активной и реактивной нагрузок, суточные, недельные, годовые. Располагая графиками нагрузок, можно правильно и рационально выбрать основное оборудование подстанции – трансформаторы, компенсирующие устройства, кабели; проанализировать работу электроприемников; определить наиболее экономичные варианты их работы в зависимости от времени, выяснить степень загрузки и возможность наиболее рационального распределения нагрузки между отдельными агрегатами, составить рациональную схему электроснабжения и определить потребление активной и реактивной энергии. Графики нагрузок промышленных предприятий, естественно, отличаются от графиков нагрузки других электропотребителей, так как учитывают время начала и конца отдельных смен, начало и длительность обеденных перерывов, величину колебаний нагрузки на отдельных технологических установках и др. Систематическое наблюдение за графиками нагрузки и правильное их построение обеспечивают повышение энергетических показателей при эксплуатации энергетического хозяйства промышленных предприятий

Следует стремиться к максимально возможному увеличению коэффициента равномерности графика нагрузки, так как при этом полнее используются трансформаторы подстанций, что ведет к уменьшению потерь в них. Одно из лучших средств увеличить коэффициент заполнения графика при электроснабжении промышленных предприятий – это рациональное использование электрооборудования.

УДК 621.311

ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Д.И. ШАМГУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА

Средства расчётного учёта электроэнергии являются инструментом торговли специфическим товаром – электрической энергией. Электроэнергия, как известно, оплачивается по тарифам. Дифференцированный учет должен стимулировать выравнивание потребления электроэнергии по времени суток. Но конкретного числового выражения получаемого эффекта на настоящий момент нет. Имеет место только качественная оценка.

Неравномерный суточный график потребления присущ практически всем региональным электрическим сетям, падение потребления электроэнергии в ночное время – объективная неизбежность. Пределы регулирования генерирующих мощностей зависят от вида топлива, используемого электростанцией, в общем случае ограничены и связаны с дополнительными затратами топлива.

Наличие только такой качественной оценки и отсутствие количественной не позволяет в полной мере оценить эффективность указанного направления, определить реальные и рациональные объемы мощностей, которые было бы выгодно использовать не в дневное, а в ночное время. Выработать четко обоснованные тарифы на электроэнергию в дневное и в ночное время.

Совершенствование системы тарифов является актуальной задачей, поскольку преследует цель снижения потерь электроэнергии и повышения энергосбережения у потребителей.

УДК 621.311

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 0,4 кВ

А.Р. ШАРАФИЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

В филиалах ОАО «Сетевая компания» проводятся работы по развитию автоматизированных информационно-измерительных систем учета

(АИИС) и систем дистанционного снятия показаний счетчиков электроэнергии в распределительной сети 6(10)-0,4 кВ.

Данные системы учета электроэнергии позволяют решать достаточно широкий круг задач:

– дистанционное снятие показаний приборов учета электроэнергии, а также потребленной активной электроэнергии с нарастающим итогом по каждой точке учета;

– экспорт данных по снятым показаниям счетчиков электроэнергии в биллинговые системы;

– отображение в центре сбора и обработки данных значений перетоков реактивной электроэнергии (мощности);

– получение достоверных и единовременных данных при проведении единого замерного дня по определению и контролю заявленной и фактической мощности по границам с потребителями;

– расчет величины небаланса электроэнергии по центру питания (ТП, КТП) и по сети 0,4 кВ за заданный интервал времени (сутки, месяц, год);

– оперативное выявление и локализацию источника потерь электроэнергии по фидерам 6(10)-0,4 кВ и построения графиков электропотребления.

Несмотря на то, что цели и задачи внедрения различных АИИС в целом схожи между собой, имеются различия в составе оборудования, местах установки первичных датчиков, а также способах передачи данных.

УДК 621.311.4

ИМИТАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.С. ШИШКАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время качество поставляемой электроэнергии имеет большое значение для пользователей. Так как в современных условиях резко увеличилось количество потребителей с нелинейным и нестационарным характером нагрузки, а кроме того, широкое использование электронных компонентов в силовой электронике приводит к его большей чувстви-

тельности к наличию помех, особенно важно выполнение требований электромагнитной совместимости в электроэнергетике.

Завышение оценок электромагнитной совместимости приводит к необоснованному увеличению капиталовложений, а занижение – к ущербу от дополнительных потерь электроэнергии, снижение срока службы электрооборудования, ухудшение качества продукции. В связи с этим высокие требования предъявляются к обоснованности и точности методов оценивания электромагнитной совместимости, как на стадии проектирования, так и в эксплуатации систем электроснабжения.

Одним из основных и важных показателей электромагнитной совместимости является колебания напряжения. Источниками колебаний напряжения выступают мощные электроприемники с импульсным, резкопеременным характером потребления активной и реактивной мощностей. К таким электроприемникам относятся дуговые сталеплавильные печи, индукционные печи, электросварочные машины, электродвигатели во время пуска.

В существующих стандартах (ГОСТ и ИЭК) нормируются идеализированные колебания напряжения прямоугольные и синусоидальные. Однако не указываются способы их имитации. Таким образом, практическая актуальность заключается в разработке способов и методов имитации идеализированных колебаний напряжения. Научная же актуальность заключается в обеспечении достоверности уже разработанных способов и методов имитации колебания напряжения.

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИНДУКЦИОННЫХ УСТАНОВОК

А.В. БАЙКИН, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.С. ЗИМИН

При индукционном нагреве в настоящее время широко используют ток промышленной частоты, когда физические и геометрические параметры заготовок позволяют получать приемлемый к.п.д. В этом случае, особенно при эксплуатации мощных установок, необходимо стремиться к равномерной загрузке всех фаз сети электроснабжения. Существуют два возможных пути: первый – создавать однофазные установки кратные числу фаз и в ходе эксплуатации четким графиком работы обеспечивать их

равномерную загрузку; второй – использовать установки, питающиеся одновременно от трех фаз при соединении катушек индукторов в звезду, треугольник или открытый треугольник. В трёхфазной системе электроснабжения однофазный индуктор представляет весьма несимметричную нагрузку. Возникающая при этом обратная трёхфазная система наряду с прямой системой тока представляет собой асимметрию неприятную для большинства сетей. Поэтому понятно стремление выполнять индуктор в трёхфазном исполнении, чтобы получить симметричную нагрузку без дополнительных затрат.

Если в электрических машинах все три фазы расположены вполне симметрично, то при индукционном нагреве цилиндрических тел три отдельных индуктора трёхфазного индуктора расположены по одной оси, что вызывает пространственную асимметрию. Электрически это сказывается в разной взаимоиндуктивности индукторов даже при их одинаковом исполнении. Пространственная асимметрия приводит к тому, что при одинаковом конструктивном исполнении катушек токи и мощности, потребляемые из сети, оказываются разными, как и нагрев соответствующих заготовок. Следует учитывать, что мощность, потребляемая каждой отдельной катушкой из сети, не равна сумме мощностей, расходуемых в самой катушке в виде потерь и в располагаемой в ней заготовке, так как в рассматриваемой системе происходит перераспределение энергии между индуктивно связанными элементами.

Исследовано качество индукционного нагрева в многофазных индукторах. Показано, что неравномерность поля по длине, которая имеет место в трёхфазном индукторе, сказывается отрицательно не только на качестве нагрева, но и на к.п.д.

УДК 621.316.1

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ИСКАЖЕНИЮ СИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Н.С. ЕФРЕМОВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

В настоящее время для искусственного освещения и облучения в теплицах и оранжереях все более широкое распространения получают газоразрядные лампы. В этих лампах для получения светового потока используется газовый разряд в среде низкого или высокого давления. Из всех газоразрядных источников видимого излучения в сельскохозяйственном про-

изводстве наибольшую распространенность получили люминесцентные лампы и лампы типа ДРЛ и ДНаТ. Вольтамперная характеристика таких ламп имеет нелинейный характер, что приводит к появлению в сети высших гармоник тока, причем только нечетных из-за симметричности характеристики относительно начала координат.

Для анализа уровней высших гармоник тока и напряжения были проведены измерения на предприятии ОАО «Тепличное», которое использует лампы ДРЛ, ДНаТ в качестве источников света в период досветки растений. На основании полученных данных даны рекомендации по повышению качества электрической энергии.

УДК 621.316

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Р.В. ОСТАЛЬЦЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Р. ХУСНУТДИНОВ

Доклад посвящен планированию электромонтажных работ и ремонта электрооборудования, включающих в себя пуск и наладку электрооборудования на производстве. Повышение производительности труда, сокращение сроков производства электромонтажных работ могут быть достигнуты при правильной организации электромонтажного производства. Электромонтажные работы завершают любое строительство, они определяют сроки ввода объектов в эксплуатацию. Задержка или несвоевременное окончание строительных работ отражается на сроках выполнения электромонтажных работ. Выполнение электромонтажных работ в две стадии ускоряет ввод объектов в эксплуатацию. На первой стадии выполняют все подготовительные и заготовительные работы. К ним относятся знакомство с проектом и разработка линейных и сетевых графиков. В нем учитывается очередность и последовательность монтажа.

На второй стадии выполняют основные электромонтажные работы в готовых помещениях. Работы на этой стадии нужно вести после полного окончания строительных, отделочных и специальных работ. Непосредственно на объекте монтажа устанавливают скомплектованное в блоки и монтажные узлы электрооборудование. Вторая стадия завершается пусконаладочными работами. Наладку сложного оборудования, например обо-

рудования животноводческих комплексов, выполняют специализированные пусконаладочные и монтажно-наладочные управления.

Итак, сетевая модель позволяет:

- четко представить структуру комплекса работ, выявить с любой степенью детализации их этапы и взаимосвязь;
- составить обоснованный план выполнения комплекса работ, более эффективно по заданному критерию использовать ресурсы;
- проводить многовариантный анализ разных решений с целью улучшения плана;
- использовать для обработки больших массивов информации компьютеры и компьютерные системы.

УДК 621.311

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Е.Е. ФИЛАТОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используются другие ресурсы. Для этого расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны, задача состоит в определении их экономически обоснованного уровня. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях до этого уровня – одно из важных направлений энергосбережения.

В течение всего периода с 1991 по 2003 гг. суммарные потери в энергосистемах России росли и в абсолютном значении, и в процентах отпуска электроэнергии в сеть.

Рост потерь энергии в электрических сетях определен действием вполне объективных закономерностей в развитии всей энергетики в целом. Основными из них являются: тенденция к концентрации производства электроэнергии на крупных электростанциях; непрерывный рост нагрузок электрических сетей, связанный с естественным ростом нагрузок потребителей и отставанием темпов прироста пропускной способности сети от темпов прироста потребления электроэнергии и генерирующих мощностей.

В связи с развитием рыночных отношений в стране значимость проблемы потерь электроэнергии существенно возросла. Разработка методов расчета, анализа потерь электроэнергии и выбора экономически обоснованных мероприятий по их снижению ведется во ВНИИЭ уже более 30 лет. В связи со сложностью расчета потерь и наличием существенных погрешностей, в последнее время особое внимание уделяется разработке методик нормирования потерь электроэнергии.

Методология определения нормативов потерь еще не установилась. Не определены даже принципы нормирования. Мнения о подходе к нормированию лежат в широком диапазоне – от желания иметь установленный твердый норматив в виде процента потерь до контроля за «нормальными» потерями с помощью постоянно проводимых расчетов по схемам сетей с использованием соответствующего программного обеспечения.

УДК 621.315.1

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОИЗОЛИРОВАННЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

И.М. ШАРАФИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. ДЕНИСОВА Н.В.

Увеличение спроса на электрическую мощность приводит к актуальной проблеме покрытия этой мощности, которая может быть решена за счёт создания дополнительных источников мощности и сооружения подстанций (ПС) глубокого ввода. Поскольку для постройки электростанций в центре города необходим отвод значительной территории, а их функционирование может нарушать экологию и архитектуру района, одним из альтернативных путей является повышение мощности передающих линий, достигаемое за счёт увеличения напряжения и/или повышения номинального рабочего тока. Если вести речь о развитии электрических сетей 220 кВ, то этот путь влечёт за собой увеличение количества кабельных линий (КЛ) 220 кВ, а значит, требует выделения дополнительных земельных участков для прокладки линий. Кардинальным решением проблемы мог бы быть переход на более высокую ступень напряжения – 500 кВ. Линии

электропередачи 500 кВ могут быть воздушными, кабельными, газоизолированными. Хотя одна воздушная линия (ВЛ) 500 кВ способна передавать мощность до 2000 МВА, в силу указанных выше причин строительство ВЛ 500 кВ в центре города является неприемлемым. КЛ 500 кВ при их прокладке непосредственно в земле или тоннеле не требуют отведения значительных площадей, однако по сравнению с ВЛ 500 кВ имеют в 12-15 раз выше удельную ёмкость. Для компенсации реактивной мощности, генерируемой КЛ 500 кВ, необходима установка управляемых источников реактивной мощности в виде шунтирующих реакторов или других поперечных устройств управляемых электропередач суммарной мощностью ~900 МВА. Размещение такого оборудования на ПС в центре города крайне нежелательно. Перспективным решением проблемы глубокого ввода в центральных районах мегаполиса является применение газоизолированных линий электропередачи (ГИЛ), где газообразный диэлектрик элегаз находится при избыточном давлении. Можно отметить и другие области применения ГИЛ: внутривыпускные связи, пересечение рек, горных образований, пересечение линий различного напряжения, районы с повышенными требованиями безопасности и экологии.

СЕКЦИЯ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 621.389

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНВЕРТОРА ADuC824 В СИСТЕМАХ СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Х.Г. АБДРАХМАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Л.Г. КУЛАГИНА

На сегодняшний день получили широкое распространение интегрированные системы сбора информации, содержащие на одном кристалле прецизионные аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и многофункциональный микроконтроллер, обеспечивающий первичную обработку информации. К таким системам относятся микроконверторы семейства ADuC8XX фирмы Analog Devices. Структура микросхем позволяет строить интеллектуальные датчики для различных физических параметров.

В настоящей работе рассмотрена система сбора для выполнения аналогового измерения температуры с терморезистором в качестве температурного датчика. Схема состоит из данных микроконвертора ADuC824, датчика температуры, формирователя уровней сигнала интерфейса RS-232, супервизора питания. Терморезистор подключен по четырехпроводной схеме. ADuC824 является законченным препроцессором интеллектуального датчика, включающим в себя: два сигма – дельта АЦП высокого разрешения, 8-разрядное микропроцессорное устройство управления, встроенную неразрушаемую FLASH/EEPROM память программ/данных. Это мало потребляющее устройство принимает сигналы низкого уровня непосредственно с первичного преобразователя. Микросхема ADM810 предназначена для правильного формирования сигнала «сброс» по включению питания, ADM202 – для формирования уровней сигнала интерфейса RS-232 при подключении к COM-порту компьютера через стандартный разъем.

Особенностью микросхемы ADuC824 является ее малое энергопотребление за счет применения специального тактового генератора, позволяющего включить микросхему от стандартного резонатора частотой 32768 кГц.

Микроконверторы ADuC8XX в течение последних лет показали свою эффективность при разработке и использовании интеллектуальных систем обработки сигналов.

УДК 621.313

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ СОСТОЯНИЯ МЕЖВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Д. АХМЕТЗЯНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Как показывает опыт эксплуатации, основным элементом, который ответственен за наиболее часто повторяющиеся отказы асинхронных двигателей (АД) является электроизоляционная система, из-за повреждения которой наблюдается около 90 % всех преждевременных отказов, причем 93 % из них приходится на межвитковую изоляцию.

В настоящее время активно разрабатываются методы контроля процесса деградации электроизоляционной системы асинхронных двигателей, позволяющие установить ее состояние на шкале браковочных критериев, представленной рядом семантических единиц: хорошее, удовлетворительное, состаренное, опасное и отказ, и тем самым сформировать представление о степени старения материалов электроизоляционной системы, а, следовательно, оценивать остаточный ресурс работы и на ранних стадиях принимать соответствующие превентивные меры, предупреждающие отказ.

Использование математического аппарата теории информации позволило решить задачу нахождения таких границ между поддиапазонами значений диагностического параметра, идентифицируемых с различными состояниями электроизоляционной системы, которые минимизируют ошибки диагноза, т.е. способствуют повышению информативной ценности параметров.

Способ повышает чувствительность и достоверность контроля межвитковой изоляции трехфазной обмотки АД при использовании в качестве диагностического параметра сигнала акустической эмиссии, возбуждаемого в ее структуре.

Постоянным током двух других фазных обмоток, порождают сигнал акустической эмиссии, контроль которого позволяет оценивать техническое состояние изоляции, так как его параметры коррелируют с параметрами кинетики развития дефектов и разрушения структуры межвитковой изоляции.

УДК 697.91

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

П.А. БЕЗРОДНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.А. НАУМОВ

В результате анализа изменения температуры за последние восемь лет зафиксировано увеличение в июле месяце среднемесячной температуры на 22,9 %. Данный тренд вызвал рассмотрение этого вопроса в Государственной Думе. Лидер фракции ЛДПР Владимир Жириновский и главный государственный санитарный врач Геннадий Онищенко выступили с обращением ввести послеобеденный отдых – сиесту, что сохранит здоровье работникам и повысит производительность их труда.

По данным опроса, проведенного исследовательским центром Superjob.ru, на 02.08.2012 не менее 6 % компаний уже ввели сиесту, а еще 3 % планируют это сделать в ближайшее время. Введение сиесты означает увеличение трудового дня и неоплачиваемое время отдыха в жаркое дневное время, что не всегда устраивает работников.

Моей задачей является создание автоматизированной системы кондиционирования воздуха, которая справится с задачей создания в помещении комфортных условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей.

Повышение температуры увеличило количество продаваемых кондиционеров и компаний, занимающихся их установкой. Как правило, монтаж производится непрофессионалами без предварительного комплекса расчетов.

Целью моей работы является разработка системы кондиционирования с учетом специфики объекта кондиционирования, управления системами приточно-вытяжной вентиляции, открывания и закрывания дверей и окон, управления жалюзи и повышения энергоэффективности данной системы.

УДК 621.38

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ РЕЛЕ

А.В. ВАНГАИ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. КАМИНСКИЙ

При производстве электромеханических реле для подтверждения правильности функционирования и качества изготовления проводят различные виды испытаний большого количества реле, связанные с получением и обработкой большого объема результатов измерений.

Полагаю, что эффективный подход к проведению испытаний основан на применении микропроцессора. Разрабатываемое устройство должно проводить испытание изоляции между контактами на пробой, автоматически определять отсутствие замыкания между контактами, определять наличие срабатывания всех имеющихся контактов в режиме холостого хода и номинального тока.

Для проведения испытаний изоляции на пробой устройство формирует регулируемое в пределах от 0 до 3 кВ синусоидальное напряжение частотой 50 Гц, которое поддерживается в течении установленного времени испытаний. Для формирования высоковольтного испытательного напряжения используется сетевой выпрямитель, регулятор постоянного напряжения, инвертор и повышающий трансформатор. Выходное напряжение регулятора, управляемое кодом от микропроцессора с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ), питает инвертор. Благодаря использованию синусоидальной ШИМ и фильтрации на выходе инвертора формируется синусоидальное напряжение.

Выбор режимов работы и задание параметров режимов осуществляется оператором с помощью клавиатуры и дисплея. Применение предложенного микропроцессорного устройства исключает свойственные человеку ошибки и ускоряет процесс испытаний. Кроме того, появляется возможность получения достоверной статистической информации, которую получить вручную практически невозможно из-за больших затрат времени. Результаты испытаний реле могут быть переданы в персональный компьютер и представлены в требуемом виде.

УДК 621.3.066

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

И.Ж. ГАЙНУЛЛИН, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. РАХМАНОВА

В электроэнергетической области значительную долю оборудования составляют коммутационные аппараты. Именно они стали объектом нашего изучения. Современные выключатели должны обладать коммутационными и механическими ресурсами, обеспечивающими межремонтный период в эксплуатации 15-20 лет. Этим требованиям отвечают только два типа высоковольтных выключателей: вакуумные и элегазовые.

В связи с этим в сетях средних напряжений 6...35 кВ развернулась конкурентная борьба элегазовых и вакуумных коммутационных аппаратов

Развитие вакуумных выключателей связано с тем, что вакуум является идеальной изоляционной средой, так как ионизация молекул газа путем соударения с ними электронов чрезвычайно мала, а значит, практически исключено лавинообразное нарастание количества заряженных частиц из-за весьма низкой плотности газа. Поэтому электрическая прочность изоляционного межконтактного промежутка в вакууме значительно выше, а длина дуги значительно меньше, чем в масляных, элегазовых и воздушных выключателях. Это позволяет существенно снизить габариты дугогасительной камеры вакуумного выключателя.

Вакуумные выключатели обладают малыми габаритами и массой, большим ресурсом, надежностью и сроком службы, экологически чисты и взрыво- пожаробезопасны, виброустойчивы и сейсмостойки, работоспособны в условиях холодного и тропического климата, требуют малых эксплуатационных расходов. Этих аргументов достаточно, чтобы эксплуатация сделала однозначный выбор в пользу вакуума.

К сожалению, отечественная электроэнергетика пока не может похвастаться преобладающей долей вакуумных выключателей. Только около 10...15 % коммутационных аппаратов в отечественных сетях вакуумные. Поэтому еще на протяжении нескольких лет их разработка будет актуальной.

УДК 681.5

ЛАЗЕРНЫЙ СТРЕЛКОВЫЙ ТРЕНАЖЕР

А.Р. ГАЙНУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В связи со значительным ростом преступности в мире, на первый план выходит огневая подготовка сотрудников силовых и охранных структур. Только регулярные самостоятельные занятия по отработке техники стрельбы могут обеспечить решение задачи эффективной и качественной огневой подготовки. Техническую тренировку без патронов можно проводить с помощью лазерных стрелковых тренажеров.

Видеокамеру устанавливают напротив мишени и подключают к ПК.

Стрелок прицеливается и производит выстрел. Включается лазерная насадка, установленная на ствол оружия, в том месте, куда должна была попасть пуля, вспыхивает яркое красное пятно. Если оно будет в поле видимости камеры, координаты определит управляющая программа. Затем, из полученных данных и данных о размере и положении мишени, делается вывод о кучности, меткости стрелявшего.

Для обработки информации подходит приложение, построенное в среде LabVIEW с использованием библиотеки IMAQ Vision. Координаты «попадания» получаются путем сравнения изображения до и после выстрела. Лазерная насадка включается с помощью звукового датчика, который в свою очередь срабатывает от удара курка.

Тренажер дает возможность обучаемому самостоятельно выполнять все основные элементы стрелкового упражнения, при этом оценивать результаты тренировок. Таким образом, существенно повышается качество тренировки без патронов.

УДК 621.3. 024

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ И ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

И.И. ГИЗЗАТУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Современный уровень развития электротехнической науки и практики диктует необходимость в выпускниках вузов, обладающих глубокими теоретическими знаниями и устойчивыми практическими навыками в об-

ласти теоретических основ электротехники. В этих условиях особую актуальность приобретает проблема активизации учебной деятельности студентов при изучении учебной дисциплины «Теоретические основы электротехники». ТОЭ принадлежат к той области естественных наук, в которой процесс познания требует неразрывной связи теоретического анализа и экспериментальных исследований. При традиционной методике изучения данной учебной дисциплины, это достичь практически невозможно из-за ограниченного доступа обучаемых к лабораторному оборудованию, которое характеризуется большим разнообразием и возможностью поломки при некорректных действиях обучаемых. Из-за несовершенства лабораторной базы и ограниченного доступа студентов к ней решение этой задачи традиционными методами затруднено и неэффективно. Данная задача может быть решена на основе применения современных математических пакетов, позволяющих производить математические расчеты электрических цепей и в реальном масштабе осуществлять их экспериментальный анализ. К таким программным продуктам относятся Mathcad и Electronics Workbench. Отличительной особенностью использования указанных программных продуктов является то, что они, являясь средами графического, а не текстового программирования, позволяют сравнительно быстро, наглядно и элегантно решать расчетные, аналитические, графические задачи и задачи моделирования без кодирования алгоритмов, а также представлять результаты расчетов в разнообразных формах. Это в свою очередь дает возможность сконцентрировать основное внимание на сути расчетной задачи и поиске ее решения, на технике проведения эксперимента и результатах его анализа, не отвлекаясь на процесс программирования. Процесс освоения работы с данными программами не представляет особых трудностей.

УДК 621.316

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ ОТКЛЮЧЕНИЯ

М.А. ГЛОТОВ, СамГТУ, г. Самара

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

Для описания сложных физических явлений, происходящих в цепях, содержащих коммутационные аппараты, 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. Решение системы нелинейных дифференциальных

уравнений в частных производных, которые описывают состояние дуговой плазмы, в сочетании с уравнениями цепи, в которой горит электрическая дуга, представляет собой нелегкую, а порой и неразрешимую задачу.

При втором подходе для построения математической модели дуги используется интегральное уравнение энергетического баланса. Такие модели целесообразно использовать при расчетах взаимодействия дуги в коммутационном аппарате и электрической цепи, в которой установлен этот аппарат. Для их 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. Интегральные динамические модели электрической дуги подразделяются на модели дуги с постоянными и переменными параметрами, модели дуги с изменяющимися геометрическими размерами.

В работе проводилось моделирование электрической дуги отключения, представленной моделью с изменяющимися длиной и сечением, в коммутационном аппарате с жидкометаллическими контактами. В качестве жидкометаллического промежуточного тела использовался эвтектический сплав индий-галлий-олово. Моделирование осуществлено в среде MatLab по результатам экспериментов, выполненных на испытательном стенде кафедры «Электрические станции» СамГТУ. Были выявлены области устойчивого и неустойчивого горения дуги в зависимости от параметров цепи, в которой был установлен коммутационный аппарат.

УДК 621.791.75

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

А.А. ГОРБУНОВ, М.А. ЖЕВАЕВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. МЯКИШЕВ

Эффективность использования энергетических мощностей зависит от ряда экономических показателей. Одним из них является коэффициент мощности ($\cos\varphi$) [1; 2]. Каждое промышленное предприятие должно быть заинтересовано в повышении коэффициента мощности. С целью заинтересованности обслуживающего персонала в повышении коэффициента мощности, например, используется премиально-тарифное стимулирование.

Наряду с экономическим стимулированием для повышения коэффициента мощности необходимо использовать технические средства, к которым можно отнести: 1) правильный выбор мощности устанавливаемого электрооборудования; 2) номинальная нагрузка электрооборудования; 3) отключение электродвигателей и трансформаторов, работающих в режиме холостого хода; 4) разгрузка системы электроснабжения от передачи по линии реактивной мощности [2]. Остановимся подробнее на последнем способе. Его можно осуществить следующими методами: а) использование в качестве электропривода синхронного двигателя соответствующей мощности; б) установка у потребителя компенсационных косинусных конденсаторов [1; 2].

Обеспечение надежного зажигания и устойчивого горения сварочной дуги переменного тока наиболее просто достигается повышением напряжения холостого хода источника питания, но ГОСТ регламентирует напряжение до $70 \div 75$ В, а в рабочем режиме напряжение на дуге составляет порядка 20-30 В. Следовательно, принципиально такая установка не может иметь коэффициент мощности ($\cos\varphi$) больше 0,4-0,45, если не применять специальные меры. Если рассматривать сварочную цепь, как активно-индуктивную нагрузку с $\cos\varphi_1$, то для повышения до $\cos\varphi_2$ необходимо включить конденсатор определенной емкости. После не сложных вычислений с учетом продолжительности включения (ПВ) можно получить:

$$C = \frac{P_p \cdot ПВ + P_{xx} (-ПВ) (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)}{2\pi f U^2}$$

Как видно из данного выражения, емкость конденсатора существенно зависит от напряжения. Из этого следует, что конденсатор надо включить на повышенное, например, на линейное напряжение. Такая установка конденсатора позволяет существенно повысить коэффициент мощности отдельного трансформатора.

УДК 621.314.57

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ

А.С. ГОРБУНОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ

Электротехнологией следует считать область промышленной технологии, в которой электрические и магнитные явления используются для непосредственного воздействия на обрабатываемый объект. При этом ин-

дукционным нагревом называют электротехнологические процессы передачи энергии обрабатываемому объекту за счет явления электромагнитной индукции.

В настоящее время для исследования электромагнитных процессов, происходящих в установках индукционного нагрева, целесообразно применять моделирование в пакете Matlab. В данном пакете можно создать модель индукционной установки, содержащую трехфазную сеть промышленной частоты, выпрямитель, инвертор, согласующий высокочастотный трансформатор, и нагрузочный колебательный контур, содержащий последовательно соединенные индуктор и компенсирующую батарею конденсаторов.

Данная модель позволяет на этапе расчета и проектирования исследовать электромагнитные процессы в индукционной установке, без проведения дорогостоящих экспериментов, оценить правильность рассчитанных параметров элементов установки для индукционного нагрева, получить осциллограммы токов, напряжений на элементах индукционной установки.

В настоящее время в большинстве используемых индукционных установок применяется параллельная компенсация реактивной мощности индуктора. В данном пакете возможно моделирование индукционной установки с применением понижающего согласующего высокочастотного трансформатора для повышения надежности и энергетических показателей на базе расширения применения последовательного резонанса (резонанса напряжений), для компенсации реактивной мощности индуктора в установках для индукционного нагрева. Применение данного способа компенсации позволяет уменьшить количество элементов схемы используемых индукционных установок.

УДК 621.318

РАСЧЁТ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ВАЛА

О.В. ДЕМИДЕНКО, А.А. ЗАЯКИНА, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.С. САЙКИН

Решение ряда технических задач по герметизации вращающихся валов технологического оборудования возможно только при использовании магнитожидкостных герметизаторов (МЖГ). Они обладают существенными преимуществами перед традиционными типами уплотнений, а именно:

абсолютной герметичностью 10^{-6} - 10^{-7} мм рт.ст., низким собственным моментом трения, высоким ресурсом работы (до 50000 часов), простотой технического обслуживания.

Целью работы является исследование МЖГ для герметизации вала вентилятора газодинамического контура диаметром 170 мм.

Методы исследований: расчет магнитного поля герметизатора в среде ELCUT, по результатам которого определяется критический перепад давлений, величина которого проверяется на экспериментальном стенде.

Исходными данными для проведения расчета является величина рабочего зазора МЖГ, которая изменялась в пределах от 0,15 до 0,3 мм. Величина шага зубца составляла 3 мм, площадки при основании зубца 0,2 мм. Зубец выполнен в форме прямоугольной трапеции с углом при основании 45° . Расчет проведен для двух магнитопроводных сталей: Сталь 10 и Сталь 20Х13. В качестве источника магнитного поля выбран постоянный магнит марки КС-37 с величиной остаточной индукции 0,77 Тл и коэрцитивной силой 540 кА/м. В рабочий зазор МЖГ была заправлена магнитная жидкость (МЖ) с намагниченностью насыщения 40 кА/м.

В результате расчёта получены графики распределения магнитной индукции в рабочем зазоре МЖГ по высоте рабочего зазора. Определён расчётный критический перепад давлений МЖГ в статическом режиме работы по формуле

$$\Delta P_{cm} = M_{s0}(B_{\max} - B_{\min}),$$

где M_{s0} – начальная намагниченность насыщения МЖ;

B_{\max} и B_{\min} – максимальная и минимальная магнитная индукция под зубцом.

Экспериментальное исследование, проведённое на лабораторном стенде, показали высокую сходимость результатов с расчётом. Величина относительной погрешности составила 12-15 %.

УДК 622.692.4

ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

З.Д. ДЖАНАКАЕВ, Институт (ф) МГОУ, г. Махачкала
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. К.Д. КУРБАНМАГОМЕДОВ

В настоящее время существует большое количество методов и средств определения технического состояния нефтегазового оборудования основанных на различных физических, химических и математи-

ческих методах и способах сбора и обработки первичной информации. Однако все эти методы опираются на точное измерение основных параметров нефтегазового оборудования, необходимых для диагностики, а также для вычисления остаточных ресурсов объектов, что не позволяет учитывать опыт высокопрофессиональных специалистов в данной предметной области.

В работе для решения указанных проблем предлагается использовать логико-лингвистические модели (ЛЛМ) диагностики сложных технических систем, что позволит учитывать не только количественные параметры, влияющих на техническое состояние, но и качественные параметры. Такой подход к построению систем диагностики позволит расширить функциональные возможности системы диагностики и увеличить точность определения технического состояния нефтегазового оборудования. Кроме того, использование ЛЛМ позволяет учитывать опыт проведения аналогичных работ, а также на начальном этапе диагностики существенно снизить объем обрабатываемой информации.

УДК 621.3.014.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

И.Ю. ДОЛГИХ, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. КОРОЛЁВ

Конструирование электрических аппаратов и силовых устройств в электроэнергетике основано на соответствующем сопряжении проводников с током и частей корпусов из ферромагнитных материалов. При этом непосредственная близость проводников и ферромагнитных частей приводит к их интенсивному электромагнитному взаимодействию. С одной стороны, это выражается в неравномерном распределении плотности тока в проводниках, с другой стороны, проникающее в ферромагнитный материал электромагнитное поле вызывает вихревые токи, которые нагревают их и приводят к дополнительным потерям энергии. Поэтому анализ влияния вихревых токов на указанные характеристики важен при разработке электрических аппаратов различного назначения.

Аналитические выражения, описывающие электромагнитное взаимодействие проводника с током и ферромагнитных устройств обладают недостаточной гибкостью при вариации конструктивных параметров. В то же время широкий спектр электротехнических устройств характеризуется

значительным разнообразием видов проводников и конструктивного исполнения ферромагнитных сред. В связи с этим рационально использовать современные средства моделирования указанного взаимодействия.

Для определения характера влияния, оказываемого ферромагнитной плоскостью на распределение плотности тока в проводнике, а также для расчёта наводимых в ней вихревых токов было выполнено полевое моделирование в программе Elcut. Расчёт позволил сделать оценку величины области ферромагнитной поверхности, подвергающейся воздействию электромагнитного поля, создаваемого проводником с током, и наводимых в ней вихревых токов в зависимости от расстояния между ними. В то же время получена зависимость неравномерности распределения плотности тока в проводнике, увеличивающаяся с уменьшением расстояния между проводником и ферромагнитной плоскостью.

В целом, проведённые исследования позволяют сформулировать основные принципы конструирования электротехнических устройств с учётом взаимовлияния проводников с током и ферромагнитных корпусов.

УДК 621.382: 621.314.6

МЕТОД НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

С.В. ДРОЗДЕЦКИЙ, НИУ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.О. ШИРЯЕВ

В настоящее время наблюдается тенденция усложнения алгоритмов управления и силовых контуров ключевых преобразователей. Соответственно, обостряются проблемы обеспечения устойчивости замкнутых систем управления. При использовании традиционного способа частотной коррекции необходимо построить усредненную непрерывную модель ключевого преобразователя и провести частотную коррекцию ЛАЧХ разомкнутой системы. Такой способ настройки ПИД-регулятора (пропорционально-интегрально-дифференциального) широко применяется в аналоговых системах управления. Его применение не всегда возможно из-за большого числа переменных конфигураций силовой части, сложных математических преобразований в системе управления и т.д. Примером может служить активный выпрямитель, который при использовании в частотно-регулируемом приводе может многократно менять режим работы со сложными переходными процессами.

Автором предложен метод подбора коэффициентов ПИД-регулятора с помощью цифрового сигнального процессора системы управления. Процессор циклически включает и выключает преобразователь, задает различные коэффициенты ПИД-регулятора, измеряет соответствующие им параметры переходного процесса (время выхода на режим, перерегулирование), амплитуду колебаний в установившемся режиме, точность соответствия уставке и т.д. Коэффициенты, соответствующие оптимальному переходному процессу, заносятся в энергонезависимую память, и будут использоваться в обычном режиме работы. Аналогично система управления может осуществлять динамический подбор коэффициентов при переходных процессах.

Окончательное решение о значениях коэффициентов может принимать не цифровой сигнальный процессор, а человек. Для этого можно передать полученные данные в компьютер и провести визуализацию в трехмерных координатах и статистическую обработку в пакете Matlab.

Предложенный метод является универсальным и может использоваться для управления объектами с неизвестными характеристиками.

УДК 621.314

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДВУХПОЗИЦИОННОГО ПОДВЕСА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ

А.А. ДУГИНА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.С. САЙКИН

Работа приборов и устройств точной механики и оптики невозможна без использования подвесов. В конструкциях подвесов применяются различные физические принципы. Конструкции подвесов могут значительно отличаться друг от друга, однако использование постоянных магнитов открывает новые технические возможности при их создании. Преимущества подвесов на постоянных магнитах заключаются в компактности всей системы, полном отсутствии момента трения, высокой надежности, что связано с отсутствием необходимости электропитания электромагнита.

Представляет интерес исследование двухпозиционного подвеса на постоянных магнитах. Предлагаемая магнитная система подвеса состоит из шести магнитов. Два магнита, имеющих форму диска, расположены друг над другом, при этом одноименные полюса направлены навстречу друг другу. Четыре магнита выполнены в форме пластин и расположены по

длине окружности дискового магнита. Все магниты магнитной системы изготовлены из редкоземельного сплава с величиной остаточной магнитной индукции $B_r = 0,77$ Тл и величиной коэрцитивной силы $H_c = 540$ кА/м.

Целью работы является исследование величины максимальной и минимальной магнитной индукции при изменении зазоров между магнитами. Математическое моделирование магнитной системы проводилось в интегрированной среде ELCUT, при использовании граничных условий Дирихле-Неймана. При моделировании решалась плоскопараллельная задача. Триангуляция расчётной области проводилась в автоматическом режиме. Число узлов составило 2560, а число элементов около 12000. В тех областях где градиент магнитного поля изменялся сильнее проводилась более подробная триангуляция.

Численные исследования проводились в два этапа. На первом этапе фиксировалась величина зазора, между дисковым магнитом и магнитами расположенными по окружности. Величина этого зазора изменялась в диапазоне 1-10 мм. На втором этапе фиксировалось величина зазора между одноименными полюсами дисковых магнитов, а зазоры между верхним дисковым магнитом и магнитами в форме пластин составляли от 1 до 10 мм. Для всех комбинаций зазоров были построены графики распределения магнитной индукции. Полученные результаты расчётов позволяют прогнозировать значения величины максимальной и минимальной магнитной индукции в зазорах магнитной системы в двухпозиционном подвесе на этапе его проектирования.

УДК 681.7

ЛАЗЕРНО-АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ В ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

И.Р. ИСМАГИЛОВ, А.А. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.И. КАЛИМУЛЛИН

На данный момент нами разработано и сконструировано устройство для лазерно-акустического контроля металлических изделий, позволяющее детектировать в них местонахождение и размеры «внешних» приповерхностных дефектов [1]. Однако диагностика подобных дефектов не обладает достаточной информативностью, поскольку многие опасные дефекты, проявляющиеся в процессе эксплуатации, могут располагаться и во внутренних приповерхностных слоях. В настоящее время мы проводим исследования и разрабатываем методику контроля приповерхностных скрытых дефектов в металлических изделиях способом лазерно-акустического зон-

дирования. В качестве объектов контроля были выбраны два образца из алюминиевого сплава Д16АТ, в которых искусственным образом создан скрытый приповерхностный дефект с глубиной залегания 1 мм. Дефект представляет собой круглое отверстие диаметром 2,2 мм. На первом образце отверстие просверлено насквозь, а на втором – на глубину 4,4 мм от поверхности, что составляет примерно половину от толщины образца. В результате анализа временных диаграмм акустических сигналов было выяснено, что характер акустических откликов зависит от того, по какую сторону от дефекта находится область генерации ультразвуковых волн (УВ). Если перемещать источник УВ от детектора в сторону дефекта, то, начиная с того момента, когда область генерации УВ оказывается над геометрическим центром дефекта, а также после него, на временных диаграммах наблюдается новый акустический отклик, соответствующий поперечной компоненте объемной волны. Таким образом, наблюдая данный акустический отклик на временных диаграммах, мы можем говорить о наличии в исследуемом образце скрытого дефекта в пределах области сканирования, т.е. между источником УВ и детектором.

УДК 621.31

КОНТАКТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ

И.Н. КАБАЕВ, П.Л. МАКСИМОЧКИН, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. РАХМАНОВА

Развитие современной техники невозможно без широкого использования электрических и электронных аппаратов, разработка и усовершенствование которых, является актуальной задачей, определяющей надежность и эффективность электроэнергетических и электротехнологических установок.

В работе проведён расчёт электромагнитных контакторов серии КТ6600И (с катушкой управления переменным током), КТП6600И (с катушкой управления постоянным током) – коммутационные устройства открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением общего назначения на токи нагрузки от 100 до 500 А и напряжения до 400 В переменного тока частоты 50 Гц.

Проведены электромагнитные и тепловые расчеты контакторов, с учётом длительного проведения номинального тока и большого числа включений и отключений при большой частоте. При небольшой частоте включений номинальный ток главных контактов определяется, в основном, из условий нагрева при продолжительном или прерывисто-продолжительном режимах. Параметры, полученные в ходе проектирова-

ния, совпадают с данными, приведенными в технических требованиях для каждого контактора, что доказывает адекватность примененной методики.

Полученные результаты исследования могут использоваться на предприятиях, изготавливающих электромагнитные контакторы.

УДК 621.314.263

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ С IGCT И ЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Д.Р. КАЛИМУЛЛИН, УлГТУ, г. Ульяновск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Н. ДМИТРИЕВ

Интенсивное увеличение объемов производства в химической и нефтехимической отраслях ставят задачи повышения мощностей, как силовых агрегатов, так и электрооборудования. В связи с этим появляется большая потребность в эффективных преобразователях и регуляторах электроэнергии, а высокое качество полупроводниковых ключей, их уникальные характеристики открывают перспективы совершенствования электронных устройств.

В силовых электронных схемах с максимальными уровнями мощности стали применять запираемые тиристоры с интегрированным управлением (IGCT). Прибор обладает конструктивной особенностью: имеет таблеточную форму, а драйвер управления тиристора интегрирован с прибором. Таблеточная форма обеспечивает минимальные паразитные индуктивности при монтаже силовой части схемы, для исключения влияния индуктивных наводок и обеспечения высокой динамики коммутационных процессов схему драйвера располагают рядом с входной цепью силового ключа.

Применение подобных тиристоров в качестве силовых ключей было принято на производстве гранулированного полиэтилена ОАО «НКНХ». Преобразователь частоты имеет один выпрямитель и три инвертора. IGCT и обратные диоды имеют таблеточную форму, информационные сигналы преобразователя проходят по оптоволоконным связям. В работе показаны спектрограммы магнитных и электростатических полей возле преобразователя частоты, проведен анализ кривой сетевого тока и тока нагрузки, представлены практические рекомендации по улучшению электромагнитной обстановки действующих электроустановок.

УДК 621.31

СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕШЕХОДОВ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Г.И. КУЛЬБАЕВА, А.А. ГЛАЗУНОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.Ю. ПАШАЛИ

Авторами разработана конструкция системы импульсной индикации – «солнечная батарея – ветроэнергетическая установка – светодиод» (далее СБВЭУС) для светофорных объектов и дорожных знаков Республики Башкортостан. Преимущества использования СБВЭУС: конструктивная простота и отсутствие подвижных деталей солнечных батарей (далее СБ); возможность СБ с достаточной для работы дорожного знака производительностью, даже при отсутствии яркого солнечного света, вырабатывать необходимое количество электроэнергии; небольшой удельный вес и значительный срок службы СБ (25-30 лет); простота монтажа, минимальные требования к обслуживанию во время эксплуатации; электроэнергия вырабатывается в наиболее универсальной и удобной на сегодняшний день форме; не требуется подключения к электрической сети, прокладки кабеля и т.д.

За прототип СБВЭУС взята система импульсной индикации на базе светофора Т.7. СБВЭУС содержит светодиоды, СБ, аккумуляторную батарею (АКБ), мультипрограммный контроллер, с возможностью подключения потребителей только в темное время суток и не допускающий полного разряда АКБ и отличается от известных тем, что для повышения эффективности и надежности работы СБ в систему вводится ветроэнергетическая установка (ВЭУ), совмещающая функции специальной системы охлаждения фотоэлементов (вентилятора) и системы очистки СБ от пыли и снега. ВЭУ не потребляет электроэнергию АКБ, наоборот энергия, вырабатываемая ВЭУ, используется для дополнительной зарядки АКБ и увеличения длительности работы СБВЭУС. Кроме того, в конструкцию дорожного знака введена кнопка «мигание по необходимости» и оптическое дистанционное устройство. Также эффективность работы ВЭУ как системы очистки от пыли повышается в период неблагоприятных погодных условий из-за повышения скорости ветра. Для экономии электроэнергии АКБ знак дополнительно укомплектован инфракрасным датчиком определяющим наступление темного времени суток.

УДК 536.331, 537.868.3

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СВЧ-ТЕХНИКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ СНЕЖНО-ЛЕДЯНОЙ МАССЫ

М.С. ЛАПОЧКИН, КНИТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

Современные требования использования энергоэффективных и экологически безопасных систем приводят к поиску новых подходов для решения проблемы обработки и утилизации снежно-ледяной массы. Одним из наиболее эффективных способов таяния снежно-ледяной массы является энергетическая обработка СВЧ-полем.

Микроволновая термообработка, благодаря ряду преимуществ таких, как возможность объемного нагрева при повышении равномерности распределения теплового поля, отсутствие вредных токсических выбросов в окружающую среду, отсутствие необходимости в использовании воды, в качестве теплоносителя, а также управление процессом нагрева дает значительные преимущества, над традиционными методами нагрева.

Целью настоящей работы является рассмотрение вопросов математического и физического моделирования процесса таяния снежно-ледяной массы под воздействием СВЧ-поля.

Научная новизна проводимых исследований:

- 1) построение и исследование математической моделей процесса таяния снежно-ледяной массы под воздействием микроволнового поля;
- 2) экспериментальная верификация предлагаемых математических моделей на разработанных лабораторных макетах СВЧ-устройств;
- 3) выработка предложений и рекомендаций для разработки СВЧ-устройств для промышленной обработки снежно-ледяной массы.

Личный вклад автора работы заключается в самостоятельной постановке задач исследований их выполнении с использованием корректного математического аппарата, а также с их удовлетворительной повторяемостью физическим моделированием на основе разработанных лабораторных макетов СВЧ-устройств для обработки снежно-ледяной массы.

Помимо решения задачи высокоэффективной обработки снежно-ледяной массы результаты исследований могут быть полезны в таких практических приложениях, как: разморозка продуктов с высоким содержанием воды, например ягод; добыча пресной воды из арктических льдов путем переплавления; размораживание труднодоступных участков мерзлых магистралей трубопроводов и т.д.

УДК 623.592

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ СТРЕЛЬБЫ ДЛЯ МАЛОБАЗОВЫХ ОГНЕВЫХ ГОРОДКОВ

В.В. ЛАПОЧКИНА, КНИТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.И. ИЛЬИН

Одним из основных направлений развития систем, предназначенных для обучения личного состава, являются имитаторы стрельбы и поражения, в частности лазерные имитаторы стрельбы и поражения. В последнее время в этом направлении достигнуты большие успехи. Однако анализ состояния технических средств для обучения личного состава приемам стрельбы выявил ряд недостатков существующих имитаторов стрельбы и поражения. На базе этого было установлено, что актуальным и наиболее перспективным является создание оптико-электронных систем имитационной стрельбы на базе штатной наземной аппаратуры пусковой установки.

Для решения этой задачи представляется целесообразным создание отдельных, дополнительных блоков имитатора стрельбы, позволяющих не изменяя схему построения аппаратурной части пусковой установки реального комплекса, но, используя его функциональные возможности, создать имитатор стрельбы, отвечающий всем требованиям по его использованию.

В данной работе показано, что путем модернизации ряда блоков системы вооружения можно создать встроенные оптико-электронные тренажеры для малобазового огневого городка на базе модернизации блоков системы управления огнем танка.

Предложено два типа тренажеров для малобазовых огневых городков на базе модернизации тренажерного комплекса.

Установлено, что применение указанных тренажерных комплексов для малобазовых огневых городков обеспечивает равные вероятности поражения целей по сравнению с реальной стрельбой.

Таким образом, в работе показана принципиальная возможность создания встроенных оптико-электронных тренажеров для малобазовых огневых городков на базе модернизированных блоков системы управления огнем танка. Предложенный тренажер обладает более широкими возможностями обучения личного состава, по сравнению со стрельбой вкладным стволом в условиях полномасштабных полигонов.

УДК 621.314.5

ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА БАЗЕ СХЕМЫ МОСТОВОГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНВЕРТОРА С ОБРАТНЫМИ ДИОДАМИ И УДВОЕНИЕМ ЧАСТОТЫ

А.Р. ЛАТЫПОВ, УГАТУ, г. Уфа

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

Индукционные установки, созданные на базе тиристорных преобразователей частоты, стали необходимой составной частью крупных механизированных агрегатов автоматических линий, целых цехов и заводов. Такие установки используются для нагрева и плавки различных материалов и, в первую очередь, металлов.

Эксплуатация индукционных установок подтверждает их высокие технико-экономические показатели, которые получены за счет применения в качестве источников высокочастотного питания тиристорных преобразователей частоты. Главные преимущества тиристорных преобразователей заключены в малом расходе электроэнергии, за счет повышенного к.п.д. и высокие регулировочные свойства, с глубиной регулирования 1:20. Используя резонансные свойства нагрузочного колебательного контура и изменяя частоту управления тиристорами, возможно осуществлять плавное регулирование мощности в ходе технологического процесса без переключений в силовых цепях и без громоздких коммутирующих устройств.

Проведена работа по расчету преобразователя частоты по аналогии с существующими установками. В результате проделанной работы была создана Simulink-модель преобразователя и исследованы его переходные процессы, основные показатели. Также модель позволяет подбирать параметры установки.

В дальнейшем планируется провести модернизацию параметров преобразователя с применением ферромагнитных устройств с целью расширения диапазона частоты и увеличения надежности работы тиристорных ключей.

УДК 621.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

А.И. МАГОМЕДОВ, Институт (ф) МГОУ, г. Махачкала
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.А. МАГОМЕДОВ

Серьезные проблемы в электроснабжении, связанные с неуплатой по счетам, хищениями и веерными отключениями электроэнергии у абонентов, могут быть решены при переходе на автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), построенные на базе современных интеллектуальных счетчиков электрической энергии и разработанные с учетом особенностей расположения потребителей.

В данной работе для учета электроэнергии в частотном секторе, где практически отсутствуют линии связи «счетчик-АСКУЭ», в качестве переносчика учетной и служебной информации используется электронная карточка потребителя, что позволяет строить беспроводные АСКУЭ, а для учета электроэнергии в высотных многоквартирных домах предложено использование многоканальных счетчиков с интерфейсом RS-485, что позволит решить проблему организации связи с АСКУЭ, а также снизить стоимость учета электроэнергии на одного потребителя.

Для решения проблемы платежей и защиты информации от несанкционированного доступа (НСД) в счетчиках предусмотрены аппаратные средства отключения потребителя от сети по истечении оговоренного срока оплаты и при наличии НСД.

В работе предложен новый формат хранения учетной информации, который позволяет организовать до 24 тарифов с учетом выходных дней, что позволит существенно упростить переход с одного тарифа на другой.

УДК 621.317.334

**МАГНИТОЖИДКОСТНЫЙ ДАТЧИК УГЛА НАКЛОНА
С КОЛЬЦЕВЫМИ ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

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

Магнитожидкостный датчик угла наклона (МЖД) может применяться для измерения угла наклона мостов, стен, опор, балок и других конструкций, на поверхности которых он закреплён.

В МЖД используется свойство левитации подвижного элемента, чувствительного к углу наклона, который состоит из цилиндрического

стального сердечника с отверстием и двух кольцевых постоянных магнитов подвешенных в МЖ внутри немагнитного корпуса. МЖ обеспечивает устойчивый подвес подвижного элемента и гидродинамический режим трения в зазоре, что позволяет ему перемещаться вдоль корпуса с малым коэффициентом трения.

При наклоне датчика, происходит смещение подвижного элемента. При этом осевая составляющая силы тяжести уравнивается силой отталкивания со стороны магнитов, установленных внутри крышек, которые расположены с торцевых поверхностей корпуса и имеют возможность перемещения вдоль корпуса. Это позволяет регулировать диапазон измерения углов наклона датчика. Перемещение подвижного элемента фиксируется с помощью дифференциально-трансформаторной схемы. На выходе датчика появляется сигнал пропорциональный углу наклона. Для уменьшения газодинамического сопротивления при движении подвижного элемента в торцевых крышках выполнены отверстия.

Целью работы является проведение численного эксперимента по исследованию влияния отношения расстояния между магнитами l чувствительного элемента и магнитов в торцевых крышках к диаметру D , на величину магнитной индукции по оси симметрии МЖД. Это отношение изменялось в диапазоне от 0,2 до 1,8 с шагом 0,2. Величина наружного диаметра магнита составляла 8, 10 и 12 мм. Исследования проводились в интегрированной среде ELCUT. В качестве магнитов рассматривались «закритические» магниты марки КС-37, второй группы, с величиной остаточной индукции $B_r = 0,77$ Тл и коэрцитивной силы $H_c = 540$ кА/м.

В результате проведённых исследований получены зависимости величины магнитной индукции на оси датчика от отношения l/D , что позволяет выбрать геометрические параметры датчика для разных диапазонов угла наклона на этапе проектирования.

УДК 621.391.161

СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА АТМОСФЕРНОМ ФОНЕ

А.С. НАБАТЧИКОВ, НИУ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. д-р. техн. наук, проф. И.В. ЯКИМЕНКО

Цифровая обработка изображений – интенсивно развивающаяся научная область, которая находит все более широкое применение в различных видеоинформационных системах.

Из-за сложности автоматизации процессов анализа изображений цифровая обработка в большинстве случаев выполняется в интерактивном режиме, т.е. человек-машина. Человек-оператор контролирует текущие результаты машинной обработки изображений.

Исследования в данной области обусловлены узконаправленностью существующих способов цифровой обработки изображений, применимых в основном на улучшение качества видеоизображений, не учитывающих изменчивость и широкополосность пространственных спектров атмосферного фона.

Предлагаемый способ обнаружения заключается в выделении точечного теплового объекта (ТТО), присутствующего в составе фоноцелевого изображения (ФЦИ), формируемого инфракрасными пассивными оптико-электронными системами (ОЭС), в соответствии с фоновым принципом извлечения информации.

Способ состоит из трех этапов. На первом этапе происходит определение сложности фона. Второй этап выполняется только для сложного фона и состоит в разбиении на маленькие, однородные сегменты. На третьем этапе происходит выделение объекта.

Данная последовательность позволяет обнаруживать ТТО, в случаях, когда объект находится на таком удалении, при котором существует малый контраст излучения цели по отношению к излучению атмосферного фона, а размер ее изображения не превышает размера элемента массива ФЦИ.

Обработка в соответствии со способом позволяет получить бинарное изображение, применимое не только для обеспечения визуального обнаружения, но и для использования его в качестве машинного зрения автоматических ОЭС обнаружения ТТО. Кроме этого анализ бинарного массива обеспечивает определение угловых координат объекта с точностью сравнимых с шагом пространственной дискретизации ФЦИ.

УДК 621.37

БОРЬБА С ШУМАМИ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ

И.Р. НАЗИПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

При конструировании высокочувствительных электронных усилителей возникает проблема исключения шумов из усиливаемого сигнала. Появление шума в сигнале обусловлено внешними и внутренними причинами. К числу внешних причин следует отнести помехи, возникающие в ка-

нале передачи сигнала. Внутренние причины – генерация шумов в элементах радиоэлектронного устройства. В настоящее время основным методом устранения внешних шумов из информационного сигнала является частотная фильтрация. Этот метод хорошо разработан и при определенных условиях является очень эффективным. Но проблема борьбы с внутренними шумами остается острой до настоящего времени. В связи с этим исследование источников шумов в различных электронных приборах представляют собой актуальную задачу. Обычно при исследованиях шумовых характеристик электронное устройство с собственным шумом заменяется на бесшумовую схему с внешними генераторами шума. Эти генераторы шума, в свою очередь, представляются эквивалентными генераторами теплового шума, что позволяет рассматривать процесс генерации шума в терминах «эквивалентное шумовое сопротивление», «эквивалентная шумовая температура», «коэффициент шума» и т.д. Способы анализа характеристик генераторов шума и методов устранения их влияния могут различаться в зависимости от вида используемого электронного прибора. В частности, при исследовании коэффициента шума туннельного диода, необходимо рассматривать два шумовых генератора: генератор напряжения $u_n(t)$, представляющий тепловой шум, обусловленный сопротивлением объемных областей, и генератор тока $i_n(t)$, представляющий дробовой шум в туннельных токах. Источниками шума в параметрическом усилителе служат флуктуации проводимости контура накачки и нагрузки, а также тепловой шум. При этом наиболее надежным способом уменьшения коэффициента шума параметрического усилителя является понижение температуры его элементов. Понижение уровня дробового шума твердотельных электронных приборов с p - n -переходами возможно путем улучшения технологии изготовления твердотельного устройства или путем выбора полупроводникового материала. В некоторых случаях уровень дробового шума может быть понижен схемотехническими методами.

УДК 621.382.049.77

МОДЕЛЬ МИКРОСХЕМЫ ZL6105 ДЛЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Е.В. НАЙДЁНОВ, НИУ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **А.А. ПЕНЬКОВ**

Системы управления (СУ) импульсными источниками питания, построенные на основе цифровой схемотехники, позволяют использовать

сложные и оригинальные алгоритмы управления, которые имеют существенные преимущества перед традиционными аналоговыми решениями. В частности, это возможность формирования гибких, сложных и оригинальных алгоритмов управления, улучшенные динамические характеристики устройства, сокращение массогабаритных параметров преобразователя, повышение к.п.д. и др.

Реализация перспективных цифровых систем управления (ЦСУ) стала возможна при использовании современной элементной базы: цифроаналоговых программируемых логических интегральных схем (ЦАПЛИС), цифровых сигнальных микроконтроллеров (ЦСМК), а также и специализированных ИС. Однако одной из проблем при разработке современных цифровых СУ остаётся задача моделирования и отладка алгоритма их работы, поскольку в библиотеках элементов популярных систем автоматического проектирования (САПР) не имеется моделей интересующей компонентной базы.

Для исследования реализации ЦСУ в понижающем преобразователе предложен способ моделирования на основе интеграции системы компьютерной математики Matlab&Simulink и схемотехнической САПР CadenceOrCAD. На основе разработанного способа получена модель специализированной ИС с жёстко заданным алгоритмом управления фирмы IntersilZL6105. Особенностью ИС является адаптивное изменение работы цифрового ШИМ-контроллера (ЦШИМ) в зависимости от нагрузки. Модель может быть использована для проектирования ЦСУ преобразовательными устройствами, а предложенные способ интеграции и универсальный алгоритм моделирования позволяют получать модели ИС новой элементной базы.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММНО- АППАРАТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

К.С. ПЛАТОНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В современной военной технике все специальное оборудование в той или иной степени является потребителем электроэнергии, при этом с развитием и совершенствованием вооружения повышается количество систем оборудования, потребляющих только электрическую энергию. Все это оз-

начает, что электрооборудование стало важнейшей системой вооружения, в значительной степени определяющей его тактико-технические характеристики и ненормальное функционирование или отказ, который может привести к непоправимым последствиям. В связи с этим при разработке, ремонте и эксплуатации электрооборудования военной техники производится его всестороннее обследование с целью построения циклограмм энергопотребления, определения показателей качества электроэнергии (ПКЭ), оценки помехообразующих свойств потребителей электроэнергии и их функционального диагностирования. Данная задача является технически сложной, так как обследуемые процессы характеризуются большим количеством показателей и норм. Кроме того, большинство процессов в электрооборудовании быстропротекающие, а значения большинства показателей эффективности энергоиспользования, ПКЭ и помехообразующих свойств и качества функционирования потребителей электроэнергии не могут быть получены прямым измерением, их необходимо рассчитывать по результатам прямых измерений. Необходимо выполнить большой объем измерений с высокой точностью и одновременной математической и статистической обработкой результатов измерения значений параметров. В связи с этим в настоящее время для обследования электрооборудования применяется большое количество специализированных дорогостоящих измерительных приборов и систем, применение которых для решения указанных технологических задач не всегда оправдано. Задача обследования электрооборудования вооружения в широком диапазоне их мощностей, различного рода токов, частоте и числа фаз может быть решена с помощью многофункционального программно-аппаратного комплекса для обследования электрооборудования вооружения.

Для решения этой задачи предлагается использовать технологии разработки виртуальных измерительных приборов. Основным принципом данных технологий является возможность превращение персонального компьютера в многофункциональный измерительный комплекс с требуемыми метрологическими характеристиками.

УДК 621.38

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Е.О. ПУШКАРЁВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. КАМИНСКИЙ

Регулятор температуры предназначен для поддержания и автоматического регулирования температуры в системах, применяемых для склейки материалов.

Измерение температуры осуществляется с использованием термопары. Напряжение термопары усиливается, фильтруется от помех и преобразуется в цифровой код двоичным кодоимпульсным АЦП. Для уменьшения влияния окружающей среды применена схема компенсации температуры холодного конца термопары на основе резистивного термодатчика.

Оператор с помощью клавиатуры и дисплея задает уставку температуры. С термодатчиков ТД1 и ТД2 с помощью коммутатора и АЦП передается сигнал, пропорциональный температуре объекта, на микропроцессор. Микропроцессор сравнивает этот сигнал с уставкой и при необходимости изменяет угол отпирания тиристоров в схемах управления СУ1 и СУ2. Это, в свою очередь, влияет на длительность включенного состояния нагревателей Н1 и Н2.

Момент отпирания тиристоров задается с использованием датчика нуля напряжения ДНН, вырабатывающего сигнал в момент прохождения сетевого напряжения через нуль.

Достоинствами устройства являются возможность реализации различных температурных профилей и законов управления, невысокий уровень сложности схемотехнических решений и низкая стоимость.

УДК 681.3:378.1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТАЙМЕРНЫХ МОДУЛЕЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕРИИ HC08/908

Р.Р. САБИРОВ, Г.Д. МАРДАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Л.В. АХМЕТВАЛЕЕВА

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 модуля таймера/счетчика *ТМ08* восьмиразрядного микроконтроллера *МС68НС908GP32*. В микроконтроллерных системах таймер/счетчик является одним из важнейших периферийных устройств, поскольку при вы-

полнении задач управления часто возникает необходимость приема и выдачи управляющих сигналов в заданные моменты времени. Модули таймера/счетчика предназначены для реализации временных функций.

Наша разработка предназначена для отображения результатов исследования и тестирования режимов отсчета времени, входного захвата, сравнения/совпадения и режима формирования ШИМ-сигналов модуля таймера/счетчика *TIM08*. Она состоит из блока светодиодной индикации и блока переключения режимов. Блок светодиодной индикации включает в себя линейку светоизлучающих диодов, многоразрядный семисегментный индикатор и набор *RGB*-светодиодов.

Данная разработка является модернизацией комплекса оборудования для обучения проектированию и программированию систем управления на базе микроконтроллеров серии *HC08/908*, подключается через 14 контактный разъем лабораторного стенда *StarterKit*.

Созданное устройство может быть применимо, как и для изучения возможностей и формирования начальных навыков программирования, так и при разработке и исследовании более сложных систем с использованием процессора событий *TIM08*.

УДК 621.38

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В КРИСТАЛЛАХ PbS_{1-x}

А.М. СИНИЦИН, Р.Р. ЗАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

Настоящая работа, посвященная изучению сверхпроводимости кристаллов галенита (PbS), была стимулирована тем, что при изучении парамагнитных центров марганца в нестехиометричных кристаллах $PbS_{1-x}:Mn$ нами были обнаружены эффекты, заключающиеся в аномальных зависимостях степени поглощения мощности электромагнитной волны кристаллами $PbS_{1-x}:Mn$, помещёнными в резонатор спектрометра ЭПР, от величины внешнего магнитного поля. Замечено, что наблюдаемые эффекты очень сильно зависят как от направления внешнего магнитного поля, так и от величины мощности сверхвысокочастотной (СВЧ) электромагнитной волны в резонаторе. Было обнаружено, что при температуре 4,2 К «всплески» поглощения наблюдаются только в ограниченном диапазоне значений магнитного поля (0-650 Гс). Однако верхняя граница этого диапазона увеличивалась при понижении температуры; при температуре $T = 1,8$ К верхней границе соответствовала величина 820 Гс. Повышение

температуры приводило к смещению верхней границы в сторону малых полей так, что при температуре $T = 8$ К «всплески» поглощения СВЧ-мощности исчезали. В порошковых образцах вместо отдельных «всплесков» поглощения на графиках наблюдалась широкая колоколообразная кривая.

Необходимо отметить то, что записываемые графики оказывались совершенно различными в разных образцах. Более того, даже в одном и том же образце картина резко изменялась, если образец нагревался до комнатной температуры, а затем снова охлаждался. Однако было установлено точно, что записи, полученные в течение одной заливки криостата гелием, оставались неизменными достаточно долгое время, если при этом не менялась мощность СВЧ-излучения в резонаторе.

Наблюдаемые факты можно интерпретировать следующим образом. При температурах ниже 9 К в отдельных образцах кристаллов возникает сверхпроводящее состояние поверхностных слоев микротрещин, образующихся в исследуемых кристаллах при их резком охлаждении от комнатной температуры до температуры жидкого гелия. Последующие нагревание и охлаждение приводят к развитию микротрещины и разрушению кристалла.

УДК 681.586

ЛОГОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫХ ДАТЧИКОВ

В.А. СМОЛИН, НИУ МЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. ТРОИЦКИЙ

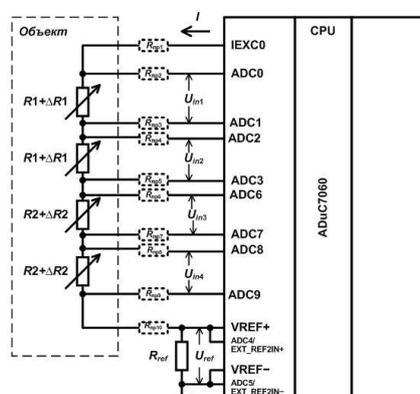


Рис. 1. Логометрическая схема преобразования полного сопротивления четырех тензодатчиков

Для обеспечения контроля и исследования состояния несущих конструкций строительных конструкций и механических объектов самого различного назначения широко используются тензометрические датчики. Сложность тензометрических исследований усугубляется малым диапазоном изменения сопротивления датчика под воздействием деформации конструкции, не превышающей нескольких десятых долей процента от номинального значения сопротивления датчика.

В настоящее время фактическим стандартом является включения тензорезисторов в мостовую схему. Если при использовании полномостовых схем включения тензодатчиков альтернативного решения не существует, то при применении полумостовых, и, особенно четвертьмостовых схем проявляется ряд недостатков, которые заставляют задуматься о поиске других решений.

Появление прецизионных многоразрядных (до 24) аналого-цифровых преобразователей с сигма-дельта модуляцией позволяет значительно упростить схему и использовать включение нескольких датчиков в единую цепь токовой петли (рис. 1).

Опорное напряжение снимается с прецизионного резистора R_{REF} , что позволяет избежать влияния нестабильности источника тока. Замена опорного резистора на тензорезистор с таким же температурным коэффициентом, как и у исследуемых датчиков, обеспечивает температурную компенсацию. Но, в отличие от мостовой схемы, где термокомпенсация проводится для каждого датчика в отдельности, в приведенной схеме возможна температурная компенсация сразу группы датчиков.

УДК 621.35

ИМПУЛЬСНЫЙ БЛОК СПЕКТРАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННО- ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

А.О. ТИМОФЕЕВ, В.Р. МУКАЕВА, М.В. ГОРБАТКОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. ПАРФЕНОВ

Современному производству уделяется все большее внимание с точки зрения его энергоэффективности, экологичности и качества обработки. Для реализации наукоемкого процесса плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) необходимо создание комплекса технологического оборудования, позволяющего получать покрытия требуемого качества при диагностике процесса и оптимизации энергопотребления. Одним из ключевых блоков такого комплекса является импульсный блок управления, на который предлагается также возложить функцию спектральной диагностики. Разрабатываемый блок позволяет не только проводить оксидирование в импульсном режиме, что значительно повышает качество обработки, но и осуществлять спектральную диагностику процесса, позволяющую рассчитывать толщину покрытия из импеданса электролизера.

Импульсный блок спектральной диагностики и управления содержит полумостовой коммутатор высоковольтного напряжения. Рабочие параметры системы предполагают коммутацию биполярных напряжений до 600 В и токов до 200 А в диапазоне частот от 2 до 20000 Гц. Основу блока составляют силовые электронные ключи (MOSFET-транзисторы) и система управления на основе микроконтроллера AVR ATMEGA8. В процессе диагностики измерение тока производится через низкоомный шунт, напряжения – через каскад на основе операционных усилителей. Полученная информация передается на внешнюю плату сбора данных. Все каналы передачи данных имеют оптронную гальваническую развязку с напряжением пробоя до 1,5 кВ и обеспечивают безопасность внешнего оборудования и персонала. Блок выполнен в корпусе для монтажа в стойку 19'', обеспечивает легкость интеграции в технологическую установку ПЭО и совместим с современными источниками вторичного электропитания.

Разработанный импульсный блок позволяет проводить плазменно-электролитическое оксидирование в импульсном режиме, осуществлять спектральную диагностику толщины покрытия в ходе обработки и повысить его энергоэффективность за счет своевременного окончания процесса.

УДК 621.314

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ С СОГЛАСУЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

А.Р. ХАБРАХМАНОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ

В настоящее время ряд электротехнических энергосберегающих технологий требуют для своей работы напряжения повышенной частоты, получаемого с помощью полупроводниковых преобразователей. Управляемыми вентилями в таких преобразователях могут быть тиристоры или транзисторы. Относительно высокая инерционность тиристорных преобразователей ограничивает их применение на повышенных частотах. С появлением силовых транзисторов, выполненных по МОП-технологии (металл – оксид – полупроводник), появилась возможность создания на их базе мощных высокоэффективных преобразователей, которые позволяют расширить частотный диапазон применяемых устройств.

В целях определения наиболее рациональных режимов работы резонансного полумостового инвертора на IGBT-транзисторах (биполярных транзисторах с изолированным затвором) был рассчитан и спроектирован преобразователь мощностью 3 кВт и выходной частотой 44 кГц. Такая схема проста в исполнении и имеет повышенную надежность из-за небольшого числа элементов.

Данный преобразователь может быть использован как для индукционного нагрева материалов, так и для высокочастотной сварки. Для параметрического синтеза элементов источника питания был проведен анализ электромагнитных процессов в системе преобразователь частоты – согласующий трансформатор – компенсирующий конденсатор – нагрузка.

К выходным зажимам преобразователя подключается первичная обмотка согласующего трансформатора, а в контур вторичной обмотки включена нагрузка и компенсирующий конденсатор. При общепринятых допущениях были решены дифференциальные уравнения второго и третьего порядков. Регулирование мощности преобразователя производится изменением скважности импульсов напряжения. Транзисторный источник питания настраивается таким образом, что в ходе всего технологического процесса в нагрузочном контуре поддерживается резонансная частота. При этом резонансная частота контура должна быть близка к частоте управления.

УДК 629.7

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

А.Р. ХАММАТОВ, Р.Р. ХАТЫПОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. М.Ф. САДЫКОВ

Существующие на сегодняшний день системы управления дорогостоящие и требуют специальной подготовки для их использования. Разрабатываемая нами автоматизированная система управления основывается на распространенных, дешевых электронных компонентах. При этом система проста в применении, вследствие чего ее сможет использовать даже не подготовленный человек. Система автоматизированная, позволяет двигаться по определенному курсу, осуществлять поправку курса в интерактивном режиме, совершать самостоятельную посадку. Также предусмотрена возможность передачи управления оператору, на небольшом расстоя-

нии от земли, где на пути могут попасться препятствия. Управление в ручном режиме должно осуществляться с помощью пульта дистанционного управления, имеющего интуитивно понятный интерфейс.

Отладка системы проводится на беспилотном летательном аппарате (БЛА) который оснащен приемником GPS, обеспечивающим координированный полет и двух координатным акселерометром для отслеживания расположения планера в пространстве относительно горизонтальной плоскости (углы крена и сноса). Автоматическая система посадки планера выполнена на основе ультразвукового датчика расстояния. В пульт дистанционного управления также встроен акселерометр, который регистрирует его положение в пространстве, после чего отправляет необходимые данные в планер. Принятые данные обрабатываются микроконтроллером и формируются управляющие сигналы на шаговые двигатели управления БЛА. При наклоне пульта дистанционного управления в сторону, в ту же сторону наклоняется и сам планер.

Разработанная система управления может быть применена и в других сферах. Произведя необходимую наладку для определенной задачи, ее использование возможно и в других системах требующих дистанционного или автоматизированного управления.

УДК 621.313

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ОДНОЧАСТОТНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА

**Р.А. ХУСНУТДИНОВ, А.А. ТИРКИЯ, А.В. СЕМЕННИКОВ, КГЭУ,
г. Казань**

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

Ядерный квадрупольный резонанс позволяет обнаружить взрывчатые вещества на некотором расстоянии от детектирующей катушки (антенны). Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР) – область радиоспектроскопии, обладающая особыми возможностями для аналитического обнаружения химических веществ в твердой фазе: безвредность, неразрушающий количественный контроль, способность анализа неоднородных смесей в больших объемах, не требует внешнего магнитного поля, относительно не дорогостоящий.

Взрывчатые и наркотические вещества в подавляющем большинстве содержат в себе атомы азота или хлора, что дает заманчивую возможность их обнаружения с помощью метода ЯКР. Устройство для регистрации скрытых закладок взрывчатых веществ на основе ЯКР на ядрах азота ^{14}N является единственным устройством, обеспечивающим однозначную идентификацию взрывчатого вещества. Хотя частоты ЯКР ^{14}N , ^{35}Cl и ^{37}Cl лежат в низкочастотном диапазоне, что приводит к низкой чувствительности метода, ЯКР уже становится серьезным конкурентом другим методам.

Нами разрабатывается и испытывается ЯКР-детектор. В основе детектора лежит когерентный импульсный ЯКР-спектрометр с мощностью облучающих импульсов до 4 кВт. Предварительные эксперименты проводятся в экранированной комнате на спиральных катушках различного диаметра. На сегодняшний день эксперименты проводятся со спиральной катушкой диаметром 30 см, которая регистрирует сигнал NaNO_2 с расстояния 15 см при мощности передатчика 150 Вт. В дальнейшем будет использоваться датчик в виде градиометра с дополнительными антеннами. 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 621.317.785

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЕ КОММЕРЧЕСКИХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.А. ЧЕРЕДНИКОВ, (ф) НИУ МЭИ г. Смоленск
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. В.С. КОВЖЕНКИН

С 1 сентября 2012 г. вступило в силу постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» в котором прописаны, в том числе, и требования к вводимым в эксплуатацию приборам учета электрической энергии, одним из которых является требования к классу точности приборов учета. Так, на вводимых в эксплуатацию приборах учета для собственников и пользователей помещений многоквартирных домов и жилых домов класс точности должен быть 2.0 и выше. Это, в свою очередь, приво-

дит к переходу на новые более точные приборы учета и системы учета электроэнергии в бытовом и жилом секторе.

Перспективным направлением развития таких систем является переход на автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии АСКУЭ.

Так лидером российского рынка средств учета электроэнергии является компания «Энергомера» с более чем 3000 000 счетчиков в год.

Перспективами от внедрения таких систем станут:

- организация достоверного и оперативного учета энергопотребления каждого абонента;
- исключение хищений за счет конструктивных особенностей приборов учета (счетчики с двумя измерительными элементами, счетчики с выносным измерительным блоком);
- исключение хищений за счет контроля балансов (по дому, ТП);
- возможность управления потреблением абонентов (удаленное отключение неплательщиков);
- возможность перехода на многотарифную систему оплаты за потребленную электроэнергию;
- сокращение затрат на контролирующий персонал;
- сокращение потерь электроэнергии за счет контроля, анализа и исключения нерационального использования электроэнергии в местах общего пользования;
- автоматизации выписки счетов абонентам.

УДК 621.38

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ

О.Т. ШЕВЧЕНКО, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.И. КАЛИМУЛЛИН

Интерес к проблеме электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры, в том числе по импульсным источникам питания не ослабевает. Это связано с индивидуальным характером разработки некоторых систем и средств электропитания, с развитием электронной компонентной базы, особенно интегрированных силовых модулей, и, наконец, со специфическими условиями эксплуатации аппаратуры в ряде случаев, например «плохая» электросеть, помехочувствительная нагрузка и т.д.

Под электромагнитной совместимостью (ЭМС) электронной аппаратуры понимается ее способность функционировать совместно с другими техническими средствами в условиях возможного влияния электромагнитных помех, не создавая при этом недопустимых помех другим средствам. Проблема ЭМС источников и систем электропитания стала особенно острой с появлением и широким внедрением цифровых методов обработки информации в оборудовании связи. Кроме того, в последние годы развитие радиоэлектронных систем увеличенной функциональной и элементной сложности ускоряется вследствие больших успехов в миниатюризации элементной базы. Успехи полупроводниковой электроники привели также к снижению потребляемой аппаратурой мощности, энергетических уровней информационных сигналов и увеличению различного рода входных и выходных сопротивлений элементов. Очевидно, что такие электрические цепи чрезвычайно восприимчивы к воздействию различных помех.

Таким образом, проблемы обеспечения ЭМС импульсных ИВЭ решаются в трех основных направлениях:

- 1) мероприятия по подавлению (ослаблению) электромагнитных аномалий и помех со стороны сети электропитания (входа);
- 2) мероприятия по ослаблению собственных (внутриобъектовых) помех;
- 3) мероприятия по подавлению (ослаблению) кондуктивных помех на выходе ИВЭ.

УДК 621.3. 024

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В УСЛОВИЯХ СИСТЕМ ПОСТОЯННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

А.А. ШЛЯПЧЕНКОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.А. НАУМОВ,
канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Аккумуляторные батареи являются одним из основных элементов обеспечивающих надежную работу энергосистемы и всегда должны находиться в работоспособном состоянии. Поэтому крайне важно определение их текущего состояния.

Существуют следующие способы оценки ресурса аккумуляторных батарей:

1) контрольный разряд. Способ рекомендован ГОСТ и МЭК и является на сегодняшний день образцовым;

2) измерение напряжения под нагрузкой. Измерение напряжения на аккумуляторе при определенном значении сопротивления нагрузки;

3) отклик на тестовый сигнал. Способ состоит в том, что заряженный аккумулятор реагирует (откликается) на импульсы тока различной формы;

4) импульсный. На аккумулятор подают импульсы различной длительностью;

5) импедансный. Способ заключается в измерении внутреннего сопротивления аккумулятора на одной или на разных частотах подаваемого напряжения.

В работе произведен сравнительный анализ различных способов оценки ресурса аккумуляторной батареи. Выяснилось, что ни один из методов не позволяет оценить ресурс батареи без отключения от зарядного устройства и от нагрузки, что снижает надежность и повышает сложность диагностирования, поскольку необходимо иметь дополнительный комплект аккумуляторов.

Наибольший интерес представляет импедансный метод. Он позволяет проводить экспресс анализ остаточной емкости аккумулятора. Однако существует проблема борьбы с помехами, создаваемыми зарядным устройством. Решение данной проблемы позволит повысить надежность электропитания.

УДК 621.316

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ ОТ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ СТД-8000 ПРИ ПИТАНИИ ОТ МНОГОУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Д.Е. ЯРУЛЛИН, УГНТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.А. ШАБАНОВ,

д-р техн. наук, проф. В.М. САПЕЛЬНИКОВ

В настоящее время на многих предприятиях происходит замена нерегулируемого электропривода регулируемым. Являясь источником выс-

ших гармоник (ВГ), преобразователи частоты (ПЧ) оказывают влияние как на потери в двигателе и его допустимую нагрузку, так и на изоляцию статора. В докладе для уменьшения содержания в сети ВГ, улучшения формы выходного напряжения, а, следовательно, и условий электромагнитной совместимости ПЧ с двигателями и сетью, рассмотрено применение многоуровневого автономного инвертора напряжения.

При протекании токов ВГ в электродвигателях возникают дополнительные потери мощности. Суммарные дополнительные потери от высших гармоник $\Delta P_{\Sigma \text{ В.Г.}}$ можно представить в виде:

$$\Delta P_{\Sigma \text{ В.Г.}} = \sum_2^n \Delta P_{\text{М}(n)} + \sum_2^n \Delta P_{\text{ст}(n)} + \sum_2^n \Delta P_{\text{Т}(n)},$$

где $\sum_2^n \Delta P_{\text{М}(n)}$ – дополнительные потери в меди обмоток; $\sum_2^n \Delta P_{\text{ст}(n)}$ – до-

полнительные потери в стали; $\sum_2^n \Delta P_{\text{Т}(n)}$ – мощность, идущая на преодоление тормозного момента.

В докладе рассмотрены методы определения отдельных составляющих потерь. Найдены потери от токов ВГ в электродвигателе СТД-8000 при питании от многоуровневого ПЧ.

УДК 621.3.018

УСРЕДНЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Т.С. ЕФИМОВА, И.А. НЕЛЮБИНА, ВСГУТУ, г. Улан-Удэ
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. К.А. ФЕДОРОВ

Применяемые в вольтметрах действующего значения переменного напряжения усредняющие устройства содержат ряд каскадно включенных RC-звеньев. Наличие R-элементов приводит к существенному затуханию измеряемого сигнала. Таким образом, целью работы является повышение чувствительности прибора.

Основное положение предлагаемой работы состоит в следующем: усредняющее устройство служит для выделения среднего значения входной разности потенциалов за время интегрирования, которое равно периоду выпрямленного сигнала.

Системная функция усредняющего устройства равна нулю при $t < 0$ и обращается в 0 при $t > T$, в интервале $0 < t < T$ – функция интегрирующего звена.

Усредняющее устройство, выполненное на основе интегрирующей цепи, реализуется в виде индуктивно-емкостной цепи. При подаче выпрямленного измеряемого сигнала на вход устройства, заряд интегрирующего конденсатора происходит через индуктивную катушку, наличие корректирующей LC-цепи, включенной параллельно конденсатору и нагрузке, позволяет закончить переходной процесс в течение заданного времени интегрирования.

Схемное решение, полученное синтезом во временной области, имеет лучшие характеристики, чем существующие.

Т.С. Ефимовой и И.А. Нелюбиной исследованы свойства устройства во временной и частотной областях.

СЕКЦИЯ 5. СВЕТОТЕХНИКА, МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 628.973

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВЕТОДИОДНЫХ РЕТРОФИТНЫХ ЛАМП РЯДА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ИСЫХАКЭФУ АЙХАЙТИ, Д.Д. БУРГАНЕТДИНОВА,

* Р.М. НИГМАТУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

*ИЦПЭ КазНЦ РАН, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

На сегодня светодиодные ретрофитные лампы составляют заметную долю в сегменте изделий многих производителей. Основная их номенклатура производится за рубежом, а реализуется в РФ под разными установившимся торговыми марками.

В работе исследованы светодиодные лампы (СДЛ) мощностью от 3 до 15 Вт, т.е. охвачен диапазон ретрофитных ламп, наиболее пригодных для использования в жилом секторе. Их эквивалентная лампе накапливания мощность ($P_{\text{ЭКВ}}$) составляет от 25 до 150 Вт.

На протяжении одного года тестированию и испытанию подвергнуты СДЛ ряда торговых марок «Geniled», «Gayss», «Viribright» и ЗАО «Светлана-оптоэлектроника». В результате проведенной работы установлено наличие несоответствия между заявленными и измеренными значениями мощности, светового потока и углами рассеивания СДЛ. В большинстве случаев заявленная мощность и световые их потоки на 15-30 % выше измеренных.

Некорректно также приводятся технические параметры на упаковках ламп. Так, на упаковке СДЛ ЗАО «Светлана-оптоэлектроника» гарантийный срок на верхней и боковой стенке приводится равным 10 лет, а на нижней дважды указывается значительно меньший срок, равный 3 годам. Для СДЛ «Geniled» указывается срок службы всего 2 года, хотя срок их службы приводится равным 20 годам, что вызывает дополнительные вопросы.

У лампы «Geniled» мощностью 9 Вт угол рассеивания указан равным 200° , а в действительности он равен лишь 130° , что естественно сразу обеспечивает более высокое значение осевой освещенности.

Результаты проведенного исследования позволяют прийти к выводу о необходимости проведения предварительного контроля качества СДЛ и предъявления определённых рекламаций к фирмам и дистрибьюторам, направленных на уточнение предъявляемых технических характеристик ламп.

УДК 628.973

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИСПЫТАНИЯ НА ДЕГРАДАЦИЮ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА ИХ СЛУЖБЫ

ИСЫХАКЭФУ АЙХАЙТИ, З.Р. ЗАЙНАШЕВА, С.Ф. ЛАКОМКИН,
КГЭУ, г. Казань

*ООО «Сильвер-Стоун», г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

Срок службы современных светильников и ламп (индукционных, двухгорелочных натриевых, серных и светодиодных) составляет в среднем 50-100 тысяч часов. В подавляющем большинстве случаев, эти результаты получены расчетным путем на основе экстраполяции результатов наблюдения за период непрерывного горения в номинальном режиме порядка в десять раз короче по времени. В исследовательских зарубежных лабораториях в соответствии с нормативными документами испытания разных источников света проводятся в течение 6000 ч, а далее результаты экстраполируются на более длительный период. По снижению уровня светового потока на 30 или 50 % определяется срок службы источника света.

Следует отметить, что испытательные лаборатории используют разные подходы к экстраполяции результатов, не раскрывая их содержания. В силу этого приводимые сроки службы источников света по данным ряда авторов отличаются друг от друга. В работе поставлена задача оценить, насколько выбираемый период испытания источников влияет на точность определения срока их службы с учетом разных допустимых уровней снижения светового потока (на 30 или 50 %). Решение поставленной задачи осуществлялось на основе использования результатов непрерывного исследования деградации светового потока индукционной лампы LVD-120, проведенного непрерывно в течение 9,5 месяцев, или 7000 ч. Измерение обеспечиваемой освещенности проводилось с помощью люксметра-

пульсметра ТКА-ПКМ (08), вполне пригодного по точности для относительных измерений.

В результате проведенных измерений выявлен характер влияния длительности испытания светильника и выбираемого интервала экстраполяции на результаты определения срока службы источников света.

Показано, что по мере увеличения временного интервала наблюдения определяемое значение срока службы светильника несколько возрастает. Для испытанного светильника согласно нашим теоретическим расчетам снижение светового потока на 30 % происходит по истечении 65 тысяч часов.

УДК 621.382

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП РЯДА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

А.Н. КОНСТАНТИНОВ, Р.Н. ХУЗИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

Коэффициент пульсации освещенности является одним из важных нормируемых параметров источников света. Он, согласно СанПиН 2.21/2.1.1.1278-03, не должен превышать 5 % в компьютерных залах и 10 % в учебных аудиториях, что во многих случаях не соблюдается.

С этих позиций представляет интерес изучение коэффициента пульсации ($K_{\text{п}}$), обеспечиваемый новыми источниками света – ретрофитными светодиодными лампами. Учитывая невысокое качество электроэнергии в электросети целесообразно оценить уровень отклонения значений $K_{\text{п}}$ при изменении напряжения сети на ± 10 %.

В работе определены $K_{\text{п}}$ светодиодных ламп (СДЛ) ряда торговых марок с разной потребляемой мощностью (5-15 Вт). Причем, основные исследования выполнены с использованием СДЛ «Geniled». Измерение $K_{\text{п}}$ осуществлялось люксметром-пульсметром ТКА-ПКМ (08) при уровнях освещенности более 100 лк, так как, согласно результатам наших исследований, при меньших уровнях освещенности существенно возрастает погрешность измерения.

Установлено, что K_{Π} у СДЛ «Geniled», «Gayss», «Viribrigh», «SvetaLed-8» находится в пределах 0-5,8 %, т.е. они вполне удовлетворяют санитарным требованиям.

Следует отметить, что если при номинальном напряжении электросети K_{Π} равно 0 %, то при отклонении его значения на ± 10 % K_{Π} может увеличиться в 2-3 раза, однако абсолютные его значения не превышают предельных нормативных значений (10 и 20 %). Исключение составляет СДЛ «SvetaLed -8», K_{Π} которых при напряжении 200 В достигает 22 %.

В нашей практике были единичные случаи, когда K_{Π} отдельных типов светодиодных ламп достигал 80 %. Детальный анализ работы этой лампы показал, что ее изготовители забыли впаять в электрическую схему сглаживающий электролитический конденсатор. Только подключение конденсатора позволило достичь номинального значения мощности лампы.

УДК 628.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СМЕЩЕНИЯ МАКСИМУМА ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ МАЛОМОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ ПРИ ПОЭТАПНОМ ПОВЫШЕНИИ СИЛЫ ТОКА ДО 200 МА

Я.Ш. АЛХАМСС, А.В. ВЕТЛУГИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

При использовании светодиодных источников в экстремальных условиях, питаемых от гальванических батарей, возникает необходимость их кратковременного включения питания при пропуске предельных значений силы тока.

Опыты проведены с использованием светодиодов оранжевого цвета свечения. Сила тока, протекающая через светодиоды (СД), была выбрана равной 10, 20, 40, 100 и 200 мА. Определение спектральной характеристики СД осуществлялось с помощью малогабаритного спектрометра МОМ-1. Измерение коэффициента пропускания проводили через 10 нм.

В результате проведенных измерений получено, что по мере увеличения силы тока до 100 мА, протекающего через СД, происходит смещение максимума излучения в длинноволновую область. Однако достоверное смещение максимума длины волны на 15-20 нм имеет место лишь при силе

тока 200 мА. При запредельном значении силы тока, равном 100 мА, смещение максимуму излучения не более чем на 1 %.

Таким образом, можно прийти к выводу, что увеличение силы тока до оптимально-допустимого значения практически не приводит к изменению цвета свечения маломощного светодиода.

Вместе с тем по мере увеличения силы тока до 200 мА происходит увеличение полосы пропускания светодиодов с 30 до 110 нм на уровне 0,5 максимума излучения.

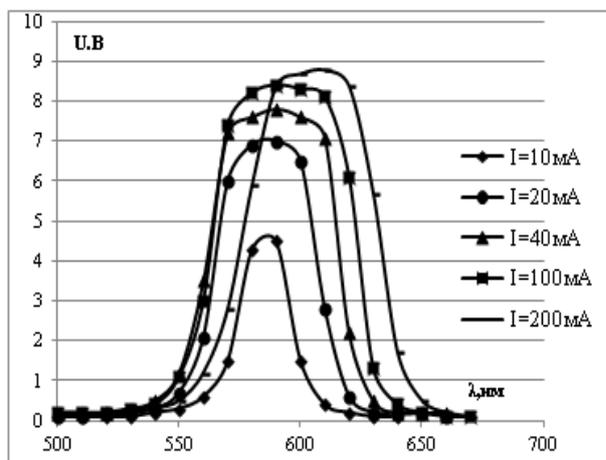


Рис. Спектральная характеристика светодиодов при разных значениях силы тока

УДК 621.315.1

СИГНАЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

В.В. КАЗАКОВЦЕВ, ВятГУ, г. Киров

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.А. КРАСНЫХ

Сигнализаторы напряжения (СН) как индивидуальные средства предупреждения о приближении человека к находящимся под напряжением токоведущим частям стали применяться в электросетевых предприятиях с середины девяностых годов прошлого века.

На первом этапе создавались различные варианты СН, предназначенные для крепления на каске, на спецодежде, на запястье руки, в переносном электроинструменте. Постепенно из этого многообразия остался только один тип – наиболее подходящий для электросетевиков – СН, устанавливаемый на каске и постоянно находящийся во включенном состоянии. Впоследствии такие СН были определены как автоматические.

Использование СН в РАО «ЕЭС России» было признано сначала целесообразным, а затем – обязательным.

СН применяются в электрических сетях 6-10 кВ. Можно отметить, что с начала внедрения СН число случаев ошибочного попадания работников под напряжение значительно сократилось. Известно также много примеров, когда использование СН предотвращало несчастные случаи.

Автор, много лет занимаясь в НПЦ «Электробезопасность» ВятГУ разработкой ЭЗС, в т.ч. СН, систематически ведет анализ их конструкций и методик применения, отслеживает эволюцию спроса и предложения на такие изделия.

В результате был разработан касочный СН «Радиус», который на международном смотре-конкурсе электрозащитных средств, проведенном в сентябре 2010 г. ОАО «Холдинг МРСК» в городе Воронеж, получил наивысшую оценку и был рекомендован к применению.

УДК 628.95

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДИЗАЙНЕ ОДЕЖДЫ

Л.П. МИНЕЕВА, КГЭУ, г.Казань

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

В настоящее время зарубежные дизайнеры одежды активно внедряют светодиодные технологии в создаваемые ими модели. В дизайне одежды весьма широкое применение нашли светотехнические и электронные устройства.

Обзор моделей одежды со светодиодами позволяет сделать вывод, что такая одежда выглядит модно, красиво и ярко, однако не лишена недостатков.

Одни из предлагаемых моделей имеют излишне яркое свечение, у других светодиоды чрезмерно выступают наружу, затрудняя движение. Неправильный выбор режимов питания и охлаждения способен вызвать перегрев светодиодов, поражение электрическим током и температурный дисбаланс носителя такой одежды. В целом предлагаемая одежда является непрактичной.

Светодиодные системы нашли применение не только в дизайне одежды, но и обуви, отличительной особенностью, которой является функциональная ограниченность. Светодиоды создают рассеянный свет, неспособный осветить удаленные объекты, что немаловажно при передвижении по неосвещенным улицам. Конструкция некоторых моделей не обладает достаточной прочностью. Выступающие части светодиодов несет угрозу для обладателя обуви и окружающих.

Проведенные исследования позволяют нам предложить свои концептуальные модели и рекомендации по использованию светодиодных технологий в дизайне одежды и обуви.

УДК 621.383

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ «СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ – ПРИВОД»

А.Р. МАРФИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. НУРУЛЛИН

В условиях глобального потепления и возрастания значения парникового эффекта солнечные преобразователи энергии являются важными среди естественных источников энергии. Среди преобразователей солнечной энергии наиболее используемыми становятся солнечные элементы, сгруппированные в виде солнечных батарей.

Солнечный элемент – это полупроводниковое устройство, напрямую преобразующее солнечную энергию в постоянный электрический ток. Солнечный элемент состоит из двух кремниевых полупроводников, расположенных между металлическими контактами, защищенными решеткой. Один из кремниевых полупроводников накапливает положительные заряды, а другой – отрицательные, создавая разность электрических потенциалов. Когда фотоны света попадают на *p-n*-переход между полупроводниками, они смещают электроны, присоединенные к положительному полупроводнику. Металлические контакты соединяют две заряженные области, используя разность потенциалов и создавая электрический ток.

При использовании доступной солнечной энергии для приводов ориентации солнечных батарей по направлению солнца можно увеличить эффективность и эксплуатационные характеристики работы самих систем «солнечная батарея – привод». Очевидно, что ориентация солнечных батарей непосредственно на солнце улучшает эффективность установок для получения солнечной энергии. При этом небольшая часть энергии тратится на ориентацию установки, а значительная часть расходуется на полезные нужды.

УДК 628.9:681.7.06

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДОВ

А.Р. МАРФИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. БОРИСОВ

Органический светоизлучающий светодиод (англ. Organic Light-Emitting Diode – OLED) – полупроводниковый прибор на основе органических соединений, который эффективно излучает свет при пропускании через него электрического тока.

Основное применение OLED находят при создании устройств отображения информации (дисплеев). Предполагается, что производство таких дисплеев будет гораздо дешевле, нежели производство жидкокристаллических дисплеев. OLED изготавливают посредством нанесения различных покрытий на подложку.

Целью работы является выявление наилучшего метода нанесения покрытий для получения органических светодиодов.

Основным преимуществом OLED является быстроедействие ячеек. Быстроедействие ячеек в первых лабораторных образцах достигало микросекунды. Однако схемы управления органическими светодиодами снижают быстроедействие до 10-100 мкс, но это все равно на порядок выше, чем у самых быстроедействующих ЖК-ячеек. Подбор состава, геометрических характеристик слоев, последовательно наносимых на подложку, а также выбор и совершенствование метода их нанесения позволит повысить быстроедействие ячеек органических светодиодов. Кроме того, появляется возможность увязки составных частей органического светодиода со схемами управления.

УДК 67.03

РАДИАТОРЫ ДЛЯ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

А.М. МИСИРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. БОРИСОВ

Важным фактором, определяющим стабильность хроматических показателей светодиода, является температура кристалла. Повышенная температура кристалла приводит к ускоренной деградации его параметров.

Поэтому все приборы, выполненные на основе мощных светодиодов, требуют в своем составе наличия теплоотвода. Теплоотвод обеспечивается специализированным изделием – радиатором. Радиатор – устройство для рассеивания тепла в воздухе (излучением и конвекцией), воздушный теплообменник.

Для отвода тепла применяются радиаторы, изготовленные в основном из алюминия и его сплавов (силумин, дюраль и т.д.). В некоторых случаях совместно с радиаторами применяют принудительное охлаждение с помощью различных вентиляторов, систем струйного обдува (принцип действия основан на обдуве ребер радиатора импульсными турбулентными потоками воздуха, такой отвод тепла более эффективен, чем при обдуве равномерным потоком воздуха) или применение жидкостных охладителей.

Также в качестве дополнительного теплоотвода можно использовать корпус светильника, если он из алюминия или селуминовый, или различные алюминиевые профили (уголки, швеллеры и т.д.).

Одним из перспективных методов охлаждения светодиодов является применение керамических радиаторов. Их свойства позволяют создавать светотехнические устройства с полностью изолированным теплоотводом и монтажом светодиодов к контактным площадкам, размещенных непосредственно на поверхности радиатора.

Другим способом является применение теплорассеивающих полимерных композитов (ТРПК). Повышение теплопроводности ТРПК стало возможным за счет подбора специальных технологических добавок, использования наполнителей с высокой теплопроводностью (до 150-250 Вт/м·К), специализированного технологического оборудования для их высокого и сверхвысокого наполнения.

Таким образом, система охлаждения мощных светодиодов является важной составляющей частью любого светотехнического устройства, от которой зависят его надежность и световые характеристики, именно поэтому необходимы доработка и совершенствование материалов.

УДК 535.241.6

ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА ОЧИСТКИ ОКОН ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

О.В. МЕЛЬНИЧУК, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. д-р техн. наук, доц. В.С. ФЕТИСОВ

Главной проблемой, ограничивающей эффективность применения полевых фотометров, является образование паразитных отложений на дат-

чиках. Наиболее универсальными и действенными способами очистки окон фотометрических устройств от паразитных отложений являются химические способы с применением различных реагентов.

В рамках данного исследования была проведена экспериментальная оценка зависимости длительности цикла очистки $t_{\text{оч}}$ от относительной площади отложений $S_{\text{отн}}$. Определение зависимости $t_{\text{оч}} = f(S_{\text{отн}})$ необходимо для того, чтобы правильно рассчитать длительность цикла очистки $t_{\text{оч}}$ при заданной предельно допустимой относительной площади отложений $S_{\text{отн}}$ и оценить относительную долю времени цикла очистки в общем цикле работы устройства. Для определения зависимости $t_{\text{оч}} = f(S_{\text{отн}})$ было собрано экспериментальное устройство, представляющее собой стеклянную кювету прямоугольного сечения, с наружной стороны одной стенки которой располагался светодиодный излучатель, а симметрично ему на противоположной стенке – фотодиод, включенный по схеме генератора фототока. В кювету был залит моющий раствор (на основе раствора ПАВ в пергидроле). Одна из внутренних стенок кюветы (с прикреплённым фотодиодом) с внутренней стороны покрывалась тонким, но плотным слоем комплексного загрязнителя. Образцы этой смеси были собраны в трубопроводной системе очистных сооружений НГДУ «ЮжАрланнефть».

В течение 40 минут наблюдалось изменение состояния окна для каждого из испытуемых растворов, записывались значения относительной площади отложений $S_{\text{отн}}$.

По результатам опытов с помощью метода наименьших квадратов была найдена аналитическая зависимость в следующем виде:

$$t_{\text{оч}} = 12 + 0,55 \cdot S_{\text{отн}}^{1,7}.$$

Выявлено, что существуют значения критической относительной площади отложений $S_{\text{кр}} = 5..10\%$ (от общей площади окна), при которых относительная длительность цикла очистки минимальна. Эти оптимальные значения $S_{\text{кр}}$ не зависят от скорости роста отложений.

УДК 628.93

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА СПЕКТРОФОТОМЕТРЕ СФ-56

А.Р. КИЯМУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. БОРИСОВ

Данная работа посвящена исследованиям коэффициентов пропускания и координат цветности материалов из стекла и пластмассы, применяемых при производстве светильников.

Для исследований использовался стандартный автоматический спектрофотометр СФ-56 предназначенный для измерения спектральных коэффициентов направленного пропускания жидких и твердых прозрачных веществ в области спектра от 190 до 1100 нм. Принцип действия спектрофотометра основан на измерении отношения двух световых потоков: светового потока, прошедшего через исследуемый образец, и потока, падающего на исследуемый образец (или прошедшего через контрольный образец), а также позволяет определять координаты цвета, которая заключается в записи спектра пропускания (отражения) или интенсивности люминесценции измеряемого образца в диапазоне 380-780 нм.

При измерениях использовались чистые материалы, которые использовались в качестве эталонных образцов и эти же материалы с нанесенными на них слоями веществ, которые как увеличивающие пропускание (просветляющие), так и понижающие пропускание (различные загрязняющие пленки).

Образцы устанавливались в держатель прибора таким образом, чтобы слой вещества, нанесенный на материал, был направлен к источнику излучения (вариант 1) и к приемнику излучения (вариант 2). Это позволяет оценить оптические характеристики (толщина, показатель преломления) как образца, так и нанесенной пленки.

В результате измерений получены спектральные характеристики пропускания стекол и пластмасс различных марок, которые позволяют оптимизировать применение различных материалов и наносимых на них слоев, позволяющие изменять характеристики пропускания и цветовые параметры конкретных узлов осветительного устройства.

УДК 628.9

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ДИЗАЙНЕ ЛОКАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

А.В. УЛЬЯНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Современное освещение интерьера играет важную роль – помогает разделению и зонированию больших жилых помещений. Светильник является архитектурным элементом, который преобразует потолки, стены, колонны, перекрытия и другие архитектурные формы.

Модной тенденцией является использование объемных светильников самых разных и причудливых форм, которые не способны обеспечить равномерность освещения, концентрируя при этом освещенность в нескольких локальных зонах.

На рабочих местах и в кабинетах при создании локального освещения учитываются индивидуальные особенности человека и характер его работы. Поэтому применяют светильники, которые позволяют регулировать их положение в пространстве.

Появился огромный выбор различных светильников, которые предназначены для локальной подсветки в отдельных зонах. При этом светильники могут располагаться в нишах и выступах, рядом со шкафами и книжными полками, внутри шкафов, на гибких шнурах, либо встроены в бытовую технику.

Современной модной тенденцией является применение светодиодных светильников в дизайне систем освещения. Зачастую эти светильники построены по принципу замены традиционного источника света на светодиод. Эта замена вызывает изменения светотехнических характеристик светильников и не всегда в лучшую сторону. Отдельные свойства светодиодов требуют досконального изучения и по этой причине постоянно модернизируются. Поэтому исследования в этой области остаются актуальными и будут продолжены.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

М.М. ЗИЛЬБЕР, КГЭУ, г. Казань

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

В Республике Татарстан развитию нанотехнологий уделяется особое внимание. Реализация Комплексной программы развития nanoиндустрии до 2015 г. предполагает привлечение инвестиций в эту отрасль. В результате открываются широкие перспективы по применению нанотехнологий в промышленности и научных исследованиях с целью последующего их практического внедрения.

Согласно оценке, основными перспективными сферами применения нанотехнологий являются автомобильная промышленность (25 %), здравоохранение (22 %) и аэрокосмические технологии (порядка 17 %). Однако особые надежды специалисты связывают с массовым использованием нанопродуктов в сфере энергетики. Ожидается, что уже в ближайшей перспективе на энергетику будет приходиться порядка 13 % мирового потребления нанопродуктов, а в обозримом будущем разработки в сфере нанотехнологий помогут совершить революционный скачок в развитии технологий получения и преобразования энергии.

Значительные перспективы использования наноматериалов открываются в сегменте солнечной энергетики. В настоящее время для изготовления порядка 90 % выпускаемых в мире солнечных батарей используется монокристаллический и поликристаллический кремний. Это привело к появлению существенного дефицита кремния на рынке в последние годы и, как следствие, – к росту стоимости кремниевых пластин. Возможным способом решения этой проблемы является развитие солнечной энергетики, основанной на использовании тонкопленочных солнечных батарей, в производстве которых сможет найти применение широкий спектр продуктов nanoиндустрии.

Ключевым фактором, который оказывает наибольшее влияние на внедрение нанотехнологий в сфере солнечной энергетики, является существенное снижение в последнее время стоимости наноматериалов. Разработка аналогичных солнечных батарей и их внедрение в производство

энергии позволит развивать два актуальных направления развития науки и техники – генерацию на основе возобновляемых источников энергии и применение нанотехнологий в промышленности.

УДК 621.31

КОНСТРУКЦИЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Д.М. АНДРЕЕВ, К.Ш. ВАХИТОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. доц. Ф.С. АХМАТНАБИЕВ

Автономный мобильный источник электропитания – абсолютно новый и уникальный проект, который позволит расширить возможности спасательных служб. Его особенность заключается в том, что он предоставит спецслужбам возможность использовать на месте ЧС электрооборудование, которое значительно ускорит процесс спасения и ликвидации последствий катастрофы. Мы используем в качестве шасси мотоцикл «Урал», который придает нашему источнику необходимую мобильность и проходимость в городских условиях, а также легкодоступность для местных потребителей. В дополнении сведены к нулю затраты на обучение персонала, так как устройство является достаточно простым в использовании. Автономный мобильный источник электропитания способен полностью вытеснить уже используемые спасателями мотоциклы, не оборудованные источником электроэнергии, делая подобный проект актуальным для МЧС, подразделений скорой помощи и Вооруженных Сил. Для осуществления нашей идеи необходимо изменить каркас мотоцикла, так как это повысит его устойчивость и увеличит место под навесное электрооборудование и генератор. Для этого, придется немного удлинить раму мотоцикла и изменить вертикальную подпорку. Также необходимо внести в конструкцию крепкую и не очень высокую подножку, чтобы приподнять заднее колесо над землей. Для передачи крутящего момента на вал генератора используем удлинение оси заднего колеса. Помимо подножки можно установить для большей безопасности еще и боковые подпорки, которые повысят устойчивость агрегата и сделают мотоцикл менее уязвимым для неровных поверхностей. Для выработки электроэнергии используется генератор мощностью 10-15 кВт, поскольку такую мощность может вырабатывать двига-

тель внутреннего сгорания, не опасаясь перегрева. Напряжение на выходе из генератора будет либо 12, либо 24 В. Для передачи вращающего момента с заднего колеса мотоцикла будем использовать управляемую, сцепную муфту.

УДК 662.747

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Р.Р. ГАРИПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. ЖЕГЛОВ

Система освещения Solatube («солнечная труба»), позволяет максимально увеличить количество солнечного света во внутренних помещениях зданий любого назначения. Его использование не требует затрат электрической энергии. Конструкция Solatube состоит из светособирающего купола, выполненного из ударопрочного материала с высоким сроком службы, обеспечивающего эффективный забор солнечной прямой и рассеянной радиации, а также перераспределение и формирование его в направлении последующего транспортирования по световодам; флешинга, выполняющего функции адаптера под различные типы кровли, обеспечивающего герметическое соединение кровли со светособирающим куполом; световода, представляющего собой набор стыкуемых алюминиевых или изогнутых труб, покрытых внутри многослойной зеркальной полимерной пленкой, обеспечивающей внутреннее отражение транспортированного солнечного потока до 99,7 % в видимой части солнечного излучения; диффузора, устанавливаемого в потолке освещаемого помещения и обеспечивающего диффузное рассеивание естественного света внутри этого помещения. Успех применения систем солнечного освещения при их установке в спортивных сооружениях предопределен ярко выраженными оптическими, энергетическими и эстетическими свойствами. Система освещения Solatube служит для освещения в дневное время. Впечатляющим примером масштабного использования данной системы является спортивный зал Пекинского Научно-технического университета, в котором в рамках Олимпиады-2008 проходили соревнования по дзюдо и таэквондо. Исследования, проведенные на этапе подготовки к Олимпиаде, показали, что применение традиционных кровельных, зенитных фонарей не обеспечит выполнения

требований, предъявляемых к освещению данного спортивного сооружения. В ночное время возможно использование жалюзи ночного освещения, которые накапливают солнечную энергию, собираемую в течение дня, и передают её батареи, а ночью преобразуют накопленную энергию обратно в свет. Конструкция жалюзи проста. К ним крепится электролюминесцентная фольга и гибкие фотогальванопластины, в верхней части которых размещена батарея.

УДК 621.31

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ БЛОК ГЕОСОВМЕСТИМЫХ СИСТЕМ АППАРАТОВ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

В.В. ТРОФИМОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. гл. врач МЦРБ В.А. ТРОФИМОВ;
канд. техн. наук, доц. Д.Ю. ПАШАЛИ

Целью научной работы является разработка компактного, надежного электромеханического блока (далее ЭМБ) геосовместимой системы вспомогательного кровообращения (далее ГСВК) имплантируемого подключения, основными элементами которого являются: электромеханический привод (ЭМП) на базе вентильного двигателя с полым ротором и насос крови (НК). Кроме того система включает блок управления, контроля и диагностики состояния пациента, располагаемую на поясе пациента и соединенную с ЭМБ токоподводящим кабелем; источник питания, располагаемый на поясе пациента.

Авторами в конструкцию механизма, для повышения надежности введен резервный источник питания, на базе генератора возвратно-поступательного движения.

ЭМП выполнен на базе реверсивного вентильного двигателя с полым ротором, внутри которого размещен РВМ. Напряжение питания – 12 ($\pm 5\%$) В; усилие на штоке – 8 кг; максимальный ход штока – 20 мм, к.п.д. – 0,62; нагрев при работе не более 40 °С; количество циклов в минуту 40-120.

В ГСВК имплантируемого подключения предпочтительно применение ЭМП. Разработан электромеханический блок с к.п.д. – 0,62, хорошими

регулируемыми свойствами и высокими динамическими показателями. При этом перспективны исследования: по повышению показателей надежности ЭМП (срок службы и вероятность безотказной работы); минимизации массогабаритных показателей и энергопотребления.

УДК 535.6

ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА ОРГАНАМИ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Б.Р. АХАТОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. НУРУЛЛИН

Зрение человека – процесс психофизиологической обработки изображения объектов окружающего мира, осуществляемый зрительной системой и позволяющий получать представление о величине, форме и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними.

Человеческий глаз способен различать только определенный диапазон спектра – от красного до фиолетового цвета. Цвета различаемого нами спектра плавно переходят друг в друга.

В глазу имеется три цветовоспринимающих аппарата, которые возбуждаются в разной степени под действием красного, зеленого и синего цветов. Это обусловлено тем, что в глазу человека содержатся два типа светочувствительных рецепторов: высокочувствительные палочки, отвечающие за ночное зрение, и менее чувствительные колбочки трех видов, отвечающие за цветовое зрение. За цветовое зрение человека и обезьян отвечают гены, кодирующие светочувствительные белки – опсины. Наличие трёх разных белков, реагирующих на разные длины волн, является достаточным для цветового восприятия.

Отметим значение цветов с точки зрения влияния на психологическое состояние человека. Красный цвет обладает теплотой. Он стимулирует мозг, эффективен при меланхолии, но в то же время оказывает легкое раздражающее воздействие. Зелёный цвет – болеутоляющий, гипнотический. Он влияет на нервную систему, снимая раздражительность, бессонницу, усталость, понижает кровяное давление и поднимает тонус. Голубой цвет – антисептический. Он эффективен при воспалениях и нагноениях. Чувствительному человеку голубой цвет помогает больше, чем зелёный, но от его избытка возникают некоторая усталость и угнетённость.

УДК 316.6:620.9

ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОТБОРА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Н.Г. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.А. АВЕРЬЯНОВА

Профессиональный отбор есть определение пригодности рабочих к определенному виду труда или профессии. Профессиональный отбор является необходимым атрибутом обеспечения безопасности труда.

Характерной особенностью работы в энергетике является высокое нервное и эмоциональное напряжение работающих. В связи с этим особую актуальность приобретает специальный подбор людей, обладающих необходимым уровнем адаптационных возможностей организма к специфическим факторам работы в энергетической отрасли. Психофизиологический отбор является составной частью производственного отбора.

В сфере генерации электрической и тепловой энергии высокие требования предъявляются к таким показателям, как внимание, оперативная память, скорость переработки информации, эмоциональная устойчивость, и, что немаловажно, умение работать в коллективе, так как в связи со сменностью работы наблюдается высокая коллективная ответственность.

Немаловажны и физические критерии здоровья, которые, в отличие от психологических, являются специфическими для каждой области энергетики. Врачи, проводящие работу по профессиональному отбору, должны быть знакомы с санитарно-гигиеническими условиями профессии, для которой отбирают людей, знать профессиональные вредности и особенности действия профессиональных факторов.

Существующие медицинские противопоказания к приему на работу отражают действительную невозможность выполнения данного профессионального труда при определенном состоянии здоровья. Значительная сложность и высокая скорость осуществления технологического процесса вызывают большие психофизиологические нагрузки на оперативный персонал энергопредприятий и органов диспетчерского управления. Работники должны иметь высокую профессиональную квалификацию, психофизиологическую устойчивость, дисциплинированность. Таким образом, очевидна особая роль человеческого фактора в электроэнергетике.

УДК 614.8

ВЛИЯНИЕ НАРКОТИКОВ НА ЖИЗНЬ

Э.Р. ХАРИСОВА, Ю.А. НАКОНЕЧНАЯ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Л.В. СУРОВА

В XXI в. наиболее распространенной проблемой является наркомания. Наркомания – это заболевание, обусловленное зависимостью от наркотических средств или психотропного вещества. Наркоман – лицо, которое незаконно употребляет наркотические вещества без назначения врача. Очень сложно понять причину, по которой люди осознанно решаются впустить в свою жизнь постепенно губящий и беспощадный яд. Необходимо понять каким образом наркотики вызывают бешеную зависимость, с которой практически не могут справиться ни воля, ни надежда, ни любовь к своим близким. С медицинской точки зрения, наркотики вызывают дисфункцию различных систем организма и грубое нарушение социальной адаптации. В нервной системе вырабатываются вещества – нейромедиаторы, отвечающие за передачу импульса между клетками. Благодаря нейромедиаторам, человек способен ощущать боль и эйфорию, может спать и бодрствовать. Если же один из медиаторов в избытке – организм перестает его вырабатывать, а если его мало – выработка «усиливается». Наркотики, как раз, являются нейромедиаторами.

При поступлении в мозг информации о том, что этого вещества много, он прекращает выработку своего собственного медиатора. Если человек употребляет это вещество каждый день на протяжении месяцев или лет, выработка нейромедиаторов прекращается. В случае если потребитель перестает вводить наркотик в организм, у него начинается абстиненция, то есть прекращается выработка нейромедиаторов самим мозгом. Абстиненция длится столько времени, сколько потребуется мозгу для того, чтобы восстановить свою активность. Получается, что человек, начинающий употреблять наркотики для того, чтобы получить одни ощущения и избежать других, вынужден употреблять это вещество, потому что его организм со временем перестает вырабатывать необходимые ему естественные медиаторы.

Бросить принимать наркотики очень сложно и практически невозможно. Нужно обладать огромной силой воли, чтобы справиться с болезнью.

ненной зависимостью. Влияние наркотиков происходит по определенному сценарию, но у каждого человека есть выбор: быть мертвым с наркотиками или остаться в живых без них.

УДК 621.31

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

А.В. ДАЙНЕКО, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.В. ШАПОВАЛОВ

Сети уличного освещения (УО) являются неотъемлемой частью инженерной инфраструктуры муниципального образования. Затраты на освещение в сетях УО в населенных пунктах составляют около 30 % от всех муниципальных затрат на электроэнергию. Например, в Москве за 2009 г. электропотребление УО составило 75,584 млрд кВт·ч.

Прогнозы удорожания органического топлива и повышения тарифов на электроэнергию требует поиска новых путей развития энергообеспечения уличного освещения.

Расчёты показывают, что при диаметре опоры уличного фонаря 0,25 м и высоте 10 м на неё приходит до 2 кВт солнечного излучения. Таким образом, для получения мощности 10 Вт достаточно, чтобы преобразующее солнечное излучение в электрическую энергию устройство имело к.п.д. 0,5 %. В современных солнечных батареях к.п.д. составляет 10-12 %.

Известно, что при скорости ветра 10 м/с с площади в один квадратный метр ветрогенераторы могут снять 0,3 кВт электрической мощности. Значит, на площадь указанного фонарного столба приходится 0,6 кВт. Устройство преобразования приходящей на опору ветровой энергии должно иметь к.п.д. около 2 %. В современных ветроустановках достигается к.п.д. 30 %.

Таким образом, на опору уличного фонаря приходит энергии природной среды во много раз больше, чем её нужно для организации уличного освещения.

УДК 66.081.3

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРТАТИВНЫХ ГАЗОВЫХ ХРОМАТОГРАФОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

П.А. МАЛОЛЕТКОВ, А.А. КАРТАШОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Портативные газовые хроматографы предназначены для полевых измерений содержания опасных химических загрязнителей. Такие приборы могут обеспечивать измерения в реальном масштабе времени в зонах опасных выбросов и быть основой для разработки планов отбора проб, профессионального и общественного медицинского наблюдения, определения зоны эвакуации и очистки. Кроме того, они могут быть использованы для мониторинга других объектов, имеющих опасные химические загрязнители, такие как рабочие места, частные дома, квартиры и другие здания, а также общественный транспорт.

В зонах опасного загрязнения применяют портативные газовые хроматографы различных конструкций. Как правило, контейнеры со сжатым газом-носителем и пневматической системой управления обеспечивает контролируемый поток газа-носителя через хроматографическую колонку, которая поддерживается при постоянной или регулируемой температуре в течение анализа. Устройство дозирования позволяет вводить в прибор известный объем образца, который вымывается из колонки в детектор потоком газа-носителя. Детектор дает отклик на каждый из компонентов, элюируемый из колонки с характеристическим временем удерживания. Выходной сигнал детектора фиксируется как функция времени с помощью самописца или системы обработки данных. Время удерживания пика компонента на хроматограмме является основой для его идентификации, а площадь или высота пика связаны с концентрацией анализируемого компонента в образце.

Существенным преимуществом портативных приборов аналитических исследований является непосредственный забор пробы, который исключает трансформацию содержащихся в ней веществ в процессе транспортировки. Таким образом, оптимальный выбор производителя, стоимости и конструкции портативного газового хроматографа являются актуальной задачей для организации исследований на реальных объектах.

УДК 620.97

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ф.А. ШИГАПОВА, А.А. КАРТАШОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В ближайшей перспективе в промышленности планируется продолжать использовать в основном органическое топливо для производства вторичных энергоносителей и конечных видов энергии. Поэтому актуальной задачей является совершенствование существующих и развитие новых технологий переработки традиционных энергоносителей в синтетические топлива.

Впервые процесс получения синтетического топлива из измельченного угля и смолы коксования путем некаталитического ожижения под давлением водорода 200 атм и при температуре около 500 °С был предложен Ф. Бергиусом. Впоследствии широкое распространение получил процесс ожижения угля с использованием катализаторов на основе сульфидов вольфрама и молибдена.

В настоящее время объем мирового производства синтетического жидкого топлива превышает 20 миллионов тонн в год.

Первой стадией переработки углей в синтетическое жидкое топливо является их ожижение. Известны три варианта получения жидких продуктов (смолы) из твердого органического сырья:

- гидрогенизация сырья молекулярным водородом или водородсодержащим газом под давлением до 200 атм и при температуре до 500 °С;
- термолиз без доступа воздуха при температуре до 600 °С (иначе этот процесс называют полукоксованием);
- термическое растворение различными растворителями при повышенных температурах.

Сравнение указанных способов получения синтетических топлив с использованием инструментальных методов анализа является актуальной задачей в части выявления качественного и количественного состава получаемого топлива, а также перспектив его применения в реальных энергетических установках. По данным хроматографического анализа, в синтетических топливах варьируется содержание углеводородов с длиной цепи от C₅ до C₂₄, что особенно интересно с позиции перспектив использования синтетических топлив в энергетике.

УДК 628.041.728

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛАМП

А.Р. ТАЗЕТДИНОВА, НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. П.А. ИЗОТОВА

С каждым годом все больше увеличиваются потребности человечества в электроэнергии. В результате анализа перспектив развития технологий освещения, наиболее прогрессивным направлением эксперты признали замену устаревших ламп накаливания энергосберегающими лампами. Причиной этого специалисты считают значительное превосходство последнего поколения энергосберегающих ламп над «жаркими» лампами.

Преимущества энергосберегающих ламп: высокая световая отдача, большой срок службы; возможность выбора цвета свечения; незначительное тепловыделение и равномернее светораспределение.

Недостатки энергосберегающих ламп: длинная фаза разогрева; наличие мерцания; требование по минимальному расстоянию от человека; отрицательное влияние на кожу; зависимость срок службы от режима эксплуатации; невозможность использовать светильников с регулятором уровня освещенности; трудность утилизации; высокая цена; высокое требование ламп к уровню сети.

Энергосберегающие лампы имеют $\cos \varphi$ равной 0,9-0,95, что является отрицательным фактором воздействия на параметры электрической сети, так как на промышленных предприятиях осветительная нагрузка составляет достаточно большой процент общей нагрузки всего предприятия, то необходимо определить способы повышения $\cos \varphi$ для сети с энергосберегающими лампочками.

УДК 574.082.550

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИБОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

А.С. ФЕДОРОВ, НИИТТ (ф) КНИТУ-КАИ, г. Нижнекамск
Науч. рук. ст. преп. Г.С. САГДЕЕВА

В России мобильной связью пользуются (на июнь 2012 г.) около 40 млн человек, причем большая часть пользователей живет в крупных промышленных городах.

Научные коллективы, работающие в области оценки биологического действия ЭМП и их измерений, не были подготовлены к появлению среди населения столь своеобразного источника ЭМП, который при его использовании максимально приближен к непосредственно к голове пользователя – на расстоянии 2-5 см. При этом, при работе сотового телефона головной мозг и периферические рецепторные зоны вестибулярного и слухового анализаторов и сетчатка обязательно подвергаются воздействию ЭМП с определенной частотой и различной модуляцией, при различном глубинном распределении и величине поглощенной энергии, с неопределенной периодичностью и общей длительностью воздействия.

Поглощенная энергия мозгом при работе сотового телефона может колебаться в зависимости от мощности аппаратуры, несущей частоты и от других факторов. Чрезвычайно сложной остается проблема оценки поглощенной энергии ЭМП и ее распределения в мозге пользователя сотовыми телефонами различных стандартов и конструкций антенн. Во многих странах ведутся соответствующие исследования, включая создание адекватных фантомов головы дозиметрической аппаратуры.

При использовании сотового телефона, окружающие люди также подвергаются ЭМ облучению. Так, если пользователь использует сотовый телефон вне дома, то на расстоянии 67 метров, уровень ЭМП может быть равен $0,5 \text{ мкВт/см}^2$. Когда сотовый телефон используется в другой комнате, то на расстоянии 3 м от антенны уровень может достичь плотности потока энергии (ППЭ) 400 мкВт/см^2 , японские ученые установили, что использование большого числа мобильных телефонов в замкнутом пространстве, приводит к превышению уровня ЭМП установленного международными нормами безопасности.

УДК 66.081.3

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.А. КАРТАШОВА, М.А. ЗИЯТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. НОВИКОВ

Вопросы антропогенного загрязнения воздушной и водной сред ставят серьезные требования к организации и проведению аналитических исследований с использованием инструментальных методов анализа. К приоритетным летучим органическим соединениям (ЛОС), подлежащим кон-

тролю, принадлежат полициклические углеводороды, пестициды, фенолы, летучие органические соединения, хлорсодержащие соединения различных классов.

В международной эколого-аналитической практике для определения ЛОС используются наиболее эффективные и универсальные методы, основанные на применении газовой хроматографии.

Литературный обзор показывает, что в водах питьевого и культурно-бытового назначения может содержаться целый ряд ЛОС. К числу присутствующих в природных водах относятся алифатические, ароматические углеводороды и др. Кроме этого, в процессе водоподготовки образуются «вторичные» загрязнения – продукты обеззараживания и реагентной обработки воды, продукты хлорирования воды, такие как хлороформ, трихлорэтилен, 1,2-дихлорэтан и т.п.

Существующие методики количественного анализа с использованием физико-химических методов анализа не всегда обеспечивают необходимую точность определения концентрации ЛОС. Это в свою очередь препятствует принятию своевременных и адекватных мер по охране окружающей среды и регулированию антропогенного воздействия на природные экосистемы, а также необходимой защите здоровья человека.

Таким образом, возрастает актуальность разработки методик количественного хроматографического анализа, позволяющих надежно определять концентрацию ЛОС в объектах окружающей среды за счет использования градуировочных смесей максимально соответствующих реальным пробам. При этом особое внимание следует уделять вопросам пробоотбора и пробоподготовки, а также выбору неподвижной жидкой фазы.

УДК 628.9

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ЛАМПЫ НА СВЕТОДИОДАХ

С.О. ГАРЬКАВЫЙ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. ЖЕГЛОВ

В последнее время компания Cree представила оригинальную концепцию лампы с высокой светоотдачей, до 170 лм/Вт. Инновационные решения, которые легли в основу таких конструктивных решений позволили повысить светоотдачу лампы и ускорить переход на светодиодное освещение за счет удаления основных барьеров. Получена относительно низкая

стоимость и возможность приемлемой по стоимости и окупаемости такой лампы.

Новые лампы изготовлены с применением карбида кремния (собственная технология Cree SC³ Technology Platform). Испытания в независимой лаборатории показали соответствие заявленным характеристикам: при потреблении 7,3 Вт световой поток составил 1250 лм. Индекс цветопередачи превышает 90 благодаря применению технологии Cree True White. Для сравнения классические лампы накаливания при потреблении 75 Вт обеспечивают световой поток 1100 лм, т.е. их светоотдача составляет 14,6 лм/Вт.

Инновационные технологии, которые были использованы для создания лампы, позволили добиться большей эффективности и меньших затрат, демонстрируя при этом неизменную приверженность компании к скорейшему выведению систем освещения на потребительский рынок, решая проблемы с первоначальными затратами и их окупаемостью – главными препятствиями на пути к широкому распространению светодиодного освещения. Совершенствование каждого компонента в системе имело принципиальное значение и позволило добиться высокой эффективности в работе новой светодиодной лампы.

Новые светодиоды излучают 2100 лм при цветовой температуре (ССТ) равной 3000 К и рабочей температуре на уровне 85 °С. Между тем, Cree объявила, что в ходе лабораторных исследований ее инженерам удалось повысить и достичь уровня световой отдачи до величин порядка 254 лм/Вт.

СЕКЦИЯ 6. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

УДК 621.315.592

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАЙКОКИТА МЕТОДОМ
МЕССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

Б.В. КОРЗУН, ГО «НПЦ НАН Белоруссии по материаловедению»,
г. Минск,

Ю.А. ФЕДОТОВА, Белорусский государственный университет, г. Минск,
А.Н. ГАВРИЛЕНКО, В.Л. МАТУХИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

Изучение полупроводниковых материалов со структурой халькопирита (CuFeS_2) интересны как с фундаментальной точки зрения, так и в связи с их применением в солнечной энергетике и полупроводниковой электронике.

В системе Cu-Fe-S образуется ряд медно-железных сульфидов с химическим составом и структурой, близкими к халькопириту, но различающимися по свойствам (моихукит $\text{Cu}_9\text{Fe}_9\text{S}_{16}$, талнахит $\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$, хайкоцит $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$, кубанит CuFe_2S_3 , борнит Cu_5FeS_4). Поэтому всё еще актуальными являются вопросы улучшения технологии этих материалов и уточнения параметров их фундаментальных свойств.

Целью данной работы являлось получение и исследование свойств хайкоцита $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$ методом мессбауэровской спектроскопии.

В результате проведенных исследований разработана технология и получены образцы хайкоцита $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$.

Был получен ^{57}Fe мессбауэровский спектр хайкоцита при комнатной температуре (рис. 1).

Обработанный спектр был аппроксимирован с помощью математического моделирования. Для полученной модели характерно наличие 7 неэквивалентных положений железа, в 6 из них (магнитных) заселенность 13,33 % у каждого, а седьмое (парамагнитное) – 20 %.

Составлена таблица мессбауэровских параметров.

Сделан вывод о необходимости дополнительных исследований с большим статистическим набором и рентгеновских исследований структуры образцов для согласования и уточнения результатов.

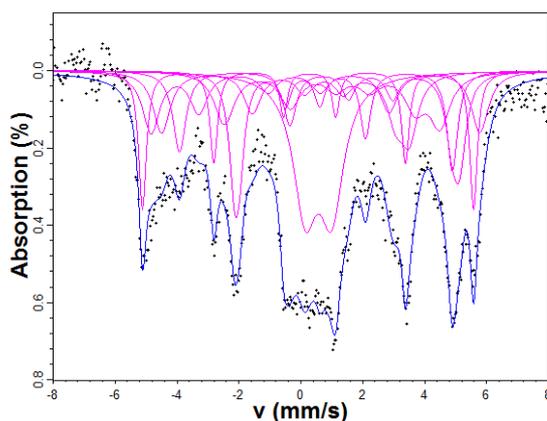


Рис. 1. ^{57}Fe Мессбауэровский спектр хайкокиита $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$ при 300 К

УДК 615.84

ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОМ ИНТЕРФЕЙСЕ

И.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАГУХИН

Нейро-компьютерный интерфейс технология позволяющая установить прямую связь между сигналами от мозга и внешними устройствами. В связи с тем, что этот интерфейс помогает людям с ограниченными возможностями, в данный момент эта область нейробиологии быстро прогрессирует и чрезвычайно активно исследуется. Для реализации НКИ применялись различные методы обработки нейронного сигнала, такие как электроэнцефалография (ЭЭГ), магнитоэнцефалография (МЭГ), электрокортикография (ЭкоГ), внутрикорковые местные полевые потенциалы (ЛФПы). Независимо от входной модальности, все НКИ системы требуют существенного набора программного обеспечения, способного к непрерывной фиксации нервных сигналов и преобразования их в режиме реального времени или почти в реальном времени при определенном контроле за командами ВМІ на внешнее устройство, такое как, например, протезная рука, выполняющая определенную задачу.

При проведении инновационного и уникального исследования НКИ, исследователь очень часто должен осуществлять новую, с технической точки зрения, обработку сигнала, декодировать нейронные алгоритмы, или

изменять базовые экспериментальные парадигмы в пакете программ НКИ. Учитывая быстрый прогресс данной области, желательно уменьшить время сбора, контроля и обработки информации в устройствах НКИ, в том числе и в программном обеспечении. Однако увеличивающаяся сложность систем НКИ сделала это проблематичным. Например, сложная расшифровка нервных алгоритмов, ранее исследовалась в оффлайн-режиме, теперь это исследование для контроля за НКИ происходит в реальном времени.

Применение среды проектирования LabVIEW позволяет исследователям НКИ развить и разделить новые модули НКИ и в полной мере воспользоваться многими особенностями, встроенными в эту среду.

УДК 519.8

УЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОДНОМЕРНОЙ И МНОГОМЕРНОЙ МИНИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ

Т.А. МИХАЙЛОВА, А.А. ИБРАГИМОВА, СФ БашГУ, г. Стерлитамак
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. С.А. МУСТАФИНА

В последние годы в прикладных исследованиях широкое распространение получили методы интервального анализа. Эти методы имеют наивысшую ценность в задачах, где неопределённости и неоднозначности возникают с самого начала и являются неотъемлемой частью постановки задачи. Целью данной работы является разработка алгоритма поиска глобального экстремума вещественнозначной функции $f: R^n \supseteq X \rightarrow R$ на прямоугольном брусе X со сторонами, параллельными координатным осям. Одним из методов поиска глобального минимума функции является принудительное дробление бруса области определения с тем, чтобы уменьшить его размеры, а вместе с ними и погрешность интервального оценивания. Если разбить исходный брус X на два подбруса X' и X'' , дающие в объединении весь X , то $\{F(x) | x \in X\} = \{F(x) | x \in X'\} \cup \{F(x) | x \in X''\}$. Тогда в качестве новой оценки минимума целевой функции по X можно взять $\min\{\underline{F}(X'), \underline{F}(X'')\}$, и она будет более точна, чем исходная, так как у брусов X' и X'' размеры меньше чем у исходного X . Брусы потомки X' и X'' можно, в свою очередь, опять разбить на более мелкие части, уточнить оценку для минимума, потом снова повторить процедуру и т.д. Целесообразно внести некото-

рый порядок в процесс последовательного дробления-оценивания: 1) будем хранить все брусы Y , возникающие в процессе дробления исходного бруса X , и их оценки, 2) на каждом шаге алгоритма дробить станем лишь один брус, тот, который обеспечивает наименьшую оценку $\underline{F(Y)}$ для $\min_{x \in X} F(x)$.

Таким образом, в процессе выполнения алгоритма будет поддерживаться рабочий список L , состоящий из записей-пар $(Y, \underline{F(Y)})$, где Y – интервальный брус из R^n , такой что $Y \subseteq X$.

Достоинством метода является то, что все ведущие брусы будут сконцентрированы лишь вокруг значений аргумента, доставляющих глобальные минимумы, после чего алгоритм выполняет окончательное уточнение результата, т.е. значений этих глобальных минимумов.

УДК 531.768(088.8)

СОСТАВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РЕАКЦИЙ ЖЕСТКОЙ ЗАДЕЛКИ И НЕВЕСОМОГО СТЕРЖНЯ

М.Н. ХАБИБУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.С. МАРКИН

Составные конструкции широко используются в различных отраслях техники. Актуальны составные конструкции и в учебном процессе, на примере которых студенты изучают свойства плоских произвольных систем сил. В данной работе рассматривается известная составная конструкция, представленная в сборнике заданий для курсовых работ по теоретической механике под ред. А.А. Яблонского (задание С3, вариант 29).

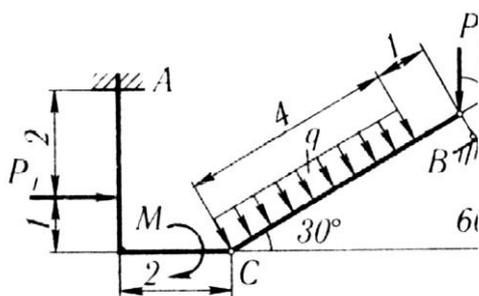


Рис. 1. Схема известной конструкции

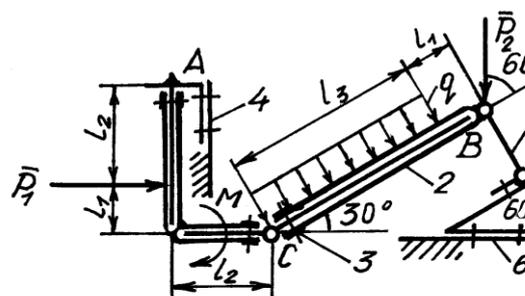


Рис. 2. Схема новой конструкции

Целью работы является составление соответствующих уравнений равновесия и определение сил взаимодействия и реакции опор. Новая составная конструкция (патент РФ № 117623) позволила провести научное исследование и получить зависимости сил взаимодействия и реакции опор в зависимости от размеров стержней.

Для этого разработана программа исследований. Получены новые результаты при научных исследованиях составных конструкций. А самым ценным для нас, студентов первого курса, является то, что мы получили навыки планирования и проведения научных исследований, повышающих нашу инженерную подготовку. Далее мы перешли к разработке новых составных конструкций: положительные решения по заявке № 2012126323.

Проведя самостоятельно научное исследование новых составных конструкций, мы, студенты, пришли к выводу, что наилучших результатов в учебе можно получить в сочетании традиционных и инновационных методов обучения.

УДК 531.768(088.8)

СОСТАВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РЕАКЦИЙ ДВУХ ОПОР

Р.Р. РАХМАТУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.С. МАРКИН

Составные конструкции широко используются в строительстве, машиностроении, сельском хозяйстве и в других многочисленных отраслях огромной страны. Не менее актуальны составные конструкции и в учебном процессе, на примере которых студенты изучают свойства плоских произвольных систем сил. В данной работе рассматривается известная составная конструкция, представленная в сборнике заданий для курсовых работ по теоретической механике под ред. А.А. Яблонского (задание С3, вариант 2).

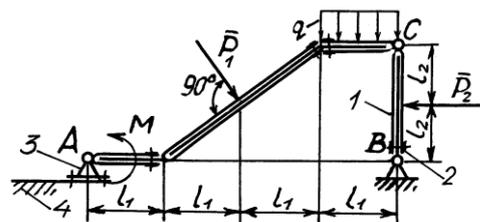
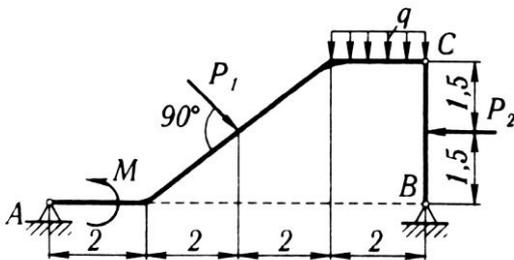


Рис. 1. Схема известной конструкции Рис. 2. Схема новой конструкции

Целью работы является составление соответствующих уравнений равновесия и определение сил взаимодействия и реакции опор, а также исследование новых составных конструкций (патент РФ № 117180).

Разработана программа исследований. Проведены исследования зависимостей сил взаимодействия и реакций опор от длин стержней составных конструкций. Получены новые результаты при научных исследованиях составных конструкций. А самым ценным для нас, студентов первого курса, является то, что мы получили навыки планирования и проведения научных исследований, повышающих нашу инженерную подготовку. Далее мы перешли к разработке новых составных конструкций.

УДК 622.691.4:621.3.083

КОНТРОЛЬ АГРЕССИВНОСТИ ГРУНТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

А.В. ДВОРЦОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

В соответствии с действующими стандартами одним из критериев коррозионной опасности для стальных подземных металлических сооружений является коррозионная агрессивность среды, которую определяют два показателя:

– удельное электрическое сопротивление грунта по трассе трубопровода (ρ);

– удельное катодное поляризационное сопротивление (P_k), определяемое по плотности тока поляризации образца-свидетеля в условиях, близких к условиям трассы трубопровода.

Рассмотрим критерии коррозионной опасности:

$$I = E / R;$$

$$R = R_3 + R_k + R_a,$$

где I – ток коррозии, E – э.д.с. коррозионной гальванопары, R – полное сопротивление току коррозии.

Первая составляющая R_3 есть «земляной» участок цепи гальванического элемента. Она однозначно определяется величиной удельного электрического сопротивления грунта (ρ) как обыкновенная омическая составляющая электрической цепи. Здесь очевидно, что чем меньше ρ , следовательно, меньше R_3 , тем больше ток коррозии.

Второй участок цепи R образует катодное поляризационное сопротивление R_K . Этот участок контролируется удельным катодным поляризационным сопротивлением сооружения (P_K), поскольку:

$$R_K = P_K / S_K,$$

где S_K – площадь катодных участков. Здесь справедливо аналогичное правило: чем меньше P_K , тем больше ток коррозии.

Третий участок – анодное поляризационное сопротивление R_a – подобен катодному (R_K), но техническими нормами как критерий коррозионной опасности не рассматривается, хотя этот параметр также управляет величиной тока коррозии.

Таким образом, не все критерии учитываются при определении коррозионной агрессивности среды. Не учтена нормами и величина э.д.с. (E) гальванопары в связи с отсутствием надежных способов её контроля.

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ СОЕДИНЕНИИ CuAlO_2 МЕТОДОМ ЯКР

Д.А. ШУЛЬГИН, Е.В. ШМИДТ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

Полупроводниковое соединение CuAlO_2 относится к группе прозрачных проводящих оксидов (ППО) с электрической проводимостью p -типа, эти соединения имеют химическую формулу CuMO_2 , где M – трехвалентный металл (M -Al, Ga, Sc, Y, Cr). Активный интерес к этой группе соединений обусловлен перспективой их практического применения в целом ряде технических устройств (фотовольтаические ячейки, электронные дисплеи, термоэлектрические материалы и т.д.).

В настоящей работе приводятся результаты изучения нестехиометрических образцов полупроводникового соединения Cu_xAlO_2 методом ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) Cu . Методом твердофазного синтеза было приготовлено несколько поликристаллических образцов, отличающихся температурой и временем синтеза. Измерения спектров ЯКР Cu проводилось на импульсном ЯКР-спектрометре ИС-3 путем интегрирования сигналов спинового эхо с непрерывным прохождением частотного диапазона. Спектры ЯКР Cu наблюдали в температурном диапазоне от 77 К и выше. Радиоимпульсы имели мощность, достаточную для полного

возбуждения резонансных линий (до 100 кГц). Поскольку интенсивность сигналов ЯКР-эхо оказалась достаточно высокой, измерения были выполнены в расширенном температурном диапазоне. Для проведения температурных измерений использовался потоковый криостат. Полученный спектр состоял ЯКР Cu в соединении CuAlO_2 состоял из двух резонансных линий, соответствующих двум изотопам меди ^{63}Cu и ^{65}Cu . Получены следующие результаты: 1) экспериментальная зависимость $\nu(T)$ оказалась линейной во всем исследованном интервале температур, причем частота ЯКР растет при охлаждении кристалла; 2) ширина линии ЯКР Cu не испытывает каких-либо аномалий и остается постоянной во всем исследованном температурном диапазоне ($\Delta\nu_{1/2} = 60$ кГц); 3) для всех исследованных нами образцов наблюдались практически одинаковые значения ЯКР параметров. Полученные результаты обсуждаются на основе представлений о дефектной структуре полупроводниковых соединений со структурой делафоссита.

УДК 378

АНАЛИЗ КОМПЕТЕНЦИЙ ВО ВРЕМЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ С ПОМОЩЬЮ САЙТА I-EXAM.RU

И.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, С.Ф. МАЛАЦИОН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

В настоящее время все большую роль в образовании играет компетентный подход. Структура профессиональной компетентности состоит из знаний, умений, профессионально значимых качеств личности, опыта деятельности. Наиболее полно это отражено в определении: «компетенция – это характеристика личности специалиста, выраженная в единстве его теоретических знаний, практической подготовленности, способности осуществлять все виды профессиональной деятельности».

Каким же образом преподаватель может проконтролировать: освоил ли студент дидактические единицы (ДЕ) преподаваемой дисциплины и приобрел ли нужные компетенции, заложенные в ФГОС его специальности или нет. На кафедре физики в качестве промежуточного или итогового контроля применяется тестирование на сайте i-exam.ru. Преподаватель составляет план тестирования студентов и выбирает те разделы и темы, которые студенты должны были усвоить и продемонстрировать во время тестирования приобретение той или иной компетенции. Обычно экзамену предшествует консультация, после которой преподаватель должен окончательно сформировать структуру педагогических измерительных материа-

лов (ПИМ). В блоке 1 преподаватель должен выбрать темы, по которым будут тестироваться студенты. Всего тем двадцать две, при этом каждая из них оценивается в один балл, а всего баллов должно быть не менее четырнадцати. Это позволяет исключить из экзаменационного плана тестирования те задания, которые вызывают у студентов наибольшие затруднения. Чтобы проанализировать, какие же темы следует исключить из итогового тестирования, мы предлагаем студентам заполнять таблицу, в которой в процессе ответа он бы отмечал номера тестовых заданий по принадлежности к тому или иному разделу курса, а также делал бы пометку: (+), если он ответил на данный вопрос правильно, или (\pm), если он сомневается в правильности своего ответа. После завершения консультации преподаватель может сравнить результаты тестирования студента с таблицей, которую заполнил студент. Таким образом, преподаватель может определить наиболее проблемные темы и в дальнейшем заострить на них внимание студентов или исключить эти темы из итогового тестирования.

Мы применили данную методику при подготовке студентов к интернет-экзамену и получили средний результат по тестируемым группам от 55 до 72 %.

Таблица 1

Механика	Молекулярная (статистическая) физика и термодинамика	Электричество и магнетизм	Механические и электромагнитные колебания и волны	Волновая и квантовая оптика	Квантовая физика и физика атома	Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц

УДК 378

СОДЕРЖАНИЕ ДИДАКТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИННОВАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ

И.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Г.Н. ЗАЙНАШЕВА;

к.т.н., доц. С.Ф. МАЛАЦИОН

Дидактический комплекс (ДК) является основной частью инновационной образовательной системы подготовки студентов, разрабатываемой и

внедряемой на кафедре физики КГЭУ, призванной обеспечить качество фундаментальных знаний.

ДК разрабатывается на основе Федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения, учебных планов специальностей, а также результатов научно-методических исследований по оптимизации учебно-воспитательного процесса в вузе. Качество фундаментального образования является необходимой составляющей профессиональной компетентности.

Основным принципом формирования ДК является модульность, предполагающая структурирование содержания обучения в виде отдельных блоков – модулей.

ДК состоит из двух составляющих – дидактических материалов обучения и дидактического комплекта студента. Структура модуля такова: указываются цель и планируемые результаты, учебная информация представляется в сжатом компактном виде, разрабатывается процессуально-практическая часть и процедура оценки результатов обучения. Модуль может быть разбит на подмодули, которые, в свою очередь, будут содержать несколько учебных элементов. Каждый модуль содержит инвариантную и вариативную части и является программой обучения, индивидуализированной по содержанию, методам обучения, уровню самостоятельности, темпу освоения.

Внедрение разрабатываемого дидактического комплекса в учебный процесс позволит обеспечить предметную компетентность, которая является важной составляющей профессиональной компетентности инженеров-энергетиков.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Гуреев В.М., Ермаков А.М. Концепция создания системы энергоснабжения на базе эффективных малых теплоэлектроэнергетических систем	3
Гарифуллин М.Ш. Диагностика маслонаполненного электрооборудования оптическими методами	13
Федорова Е.В. Анализ надежности комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией, основанный на зарубежном опыте эксплуатации	18
Хабибуллин Т.Ф. Автоматизация учета электроэнергии в распределительной сети как база экономической эффективности сетевой организации	24

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

Абдулвалиев А.Ф. Зависимость коэффициента пропускания от длины волны	31
Абдуллин Л.И. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в распределительной сети 10-0,4 кВ	32
Адель Х.М. Оценка ресурсов гидроэнергетической, ветровой и солнечной энергетики в Ираке	33
Алексеев К.А. Монтаж выключателей	33
Аль-Шахети А.М. Контроль за состоянием обмоток силовых трансформаторов методом низковольтных импульсов	34
Ахметзянова Л.Ф. Применение систем автоматизированного проектирования электрических сетей	35
Ахметшин А.Р. Полная компенсация реактивной мощности в распределительной сети 0,4 кВ	36
Ахунова Е.А. Определение стоимости ЛЭП с учетом географических особенностей	37
Бабораик А.М. Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии в Республике Йемен	38
Балобанов Р.Н. Зависимость состояния изоляции от времени работы элегазового оборудования	38
Блюмхен Д.А. Исследование внешних электромагнитных полей на кабельные линии	39
Габдуллина Г.С. Совершенствование систем нормативных параметров для оценки состояния силовых трансформаторов в эксплуатации	40

Галеев И.И. Актуальность развития распределительных систем и распределительной генерации	41
Галиев Р.Ф. Оптимизация режимов распределительных сетей кольцевого типа	42
Гарипова А.Б., Якупова А.И. Анализ эффективности секционирования с применением реклоузеров	43
Гильфанов Л.М. Оптические трансформаторы тока и напряжения	44
Дзиева М.О. Перспективы использования газотурбинных и парогазовых установок в энергосистеме Республики Татарстан	45
Дмитриев С.В. Монтаж силовых трансформаторов в условиях Дальнего Севера	46
Елшина А.Ю. Повышение энергетической эффективности	47
Ефимов Н.Г. Современное развитие энергосетей на территории бывшего СССР	48
Загребельная Д.А. Методы и средства оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания	49
Зорин Е.Н. Анализ испытаний кабельных линий с изоляцией СПЭ	50
Исаев С.А. Экономический потенциал малой гидроэнергетики	51
Карчин Е.В. Модернизация подстанции «Заречная» 110/10 с разработкой защитных заземлений трансформаторного пункта	52
Кашапов И.И. Энергетическое обследование промышленного предприятия	53
Козина О.В. Применение автоматизированных систем мониторинга изоляции электрооборудования подстанций	54
Кондратьева Т.Р. Пути снижения перенапряжений при однофазных коротких замыканиях	55
Кузнецов П.Ф. Электронный парамагнитный резонанс в трансформаторном масле	56
Кузнецов Е.Н. Повышение эффективности и надежности эксплуатации электрических сетей	56
Машунин А.Ю. Внедрение энергосберегающих технологий при модернизации силовых трансформаторов	57
Мигранова А.Г. Системы комплексной диагностики силового маслонаполненного оборудования	58
Мустафин К.А. Концептуальные основы анализа аварийности в электроэнергетических системах	59
Насыров И.И. Определение малогабаритным спектральным прибором координат цветности бумажно-масляной и масляной изоляции трансформаторов	60
Новиков С.И. Экспериментальный анализ изменения векторной диаграммы фазных напряжений при однофазном замыкании на землю	61

Нтсилулу П.К. Молниезащита подстанций и линий электропередачи высокого напряжения	62
Нуриддинова Н.В. Моделирование энергосистемы на основе внедрения технологии SmartGrid	62
Нурисламова Э.Р. Газотурбинные установки в энергетике России	63
Пикторов А.О. Переходные процессы в сетях высокого напряжения. Современное отношение к проблеме	64
Рябухин Д.И. Применение интеллектуальных сетей	65
Сандаков В.Д. Способы очистки газовых выбросов в энергетике	66
Саттаров И.Э. Выбор коммутационных аппаратов высокого напряжения на подстанции типа 220/110/10 кВ Московской области, г. Обнинск	67
Семененко А.М., Аль-Аомари О.М. Оценка состояния кабельных линий методом затухающих колебаний	68
Сиразов Б.Ф. Нагрузочная способность трансформатора	69
Смехов А.Ю. Разработка системы определения типа дефектов в изоляции из сшитого полиэтилена высоковольтных кабельных линий по методу частичных разрядов	70
Султанов М.Р. Энергоаудит на предприятии	71
Тухветов А.И. Выбор ОПН для линий и подстанций 110-220 кВ	72
Тюкаев Р.Н. Анализ состояния электроэнергетического оборудования	73
Харисов Р.Р. Исследование диэлектрических характеристик изоляции устройств высокого напряжения	74
Хафизов Н.Ф. Анализ использования ветроустановок с вертикальной осью вращения на крыше зданий в городских условиях	75
Чебарева С.И. Основные направления развития малой энергетики	76
Шакирова А.С. Очистка трансформаторного масла цеолитами	77
Шигаев Л.А., Фаттахов И.М. Зависимость координат цветности трансформаторного масла от пробивного напряжения, кислотного числа и влагосодержания	78
Вермаховский А.Н. Выбор кабелей при проектировании сетей собственных нужд станций и подстанций	79
Корунас П.И. SmartGrid	80
Костарев И.А. О влиянии высших гармоник на работу защиты от однофазных замыканий, основанной на контроле пульсирующей мощности, в сети с компенсированной нейтралью	81
Рунцов А.А. Совместное использование программ семейства Electricis при проектировании молниезащиты, заземления, наружного освещения и ЭМС	82

Акмалова А.Ф. Подвесные изоляторы на высоковольтных линиях электропередачи	83
Годяцкая Е.А. Применение стартовых алгоритмов к расчетам допустимых по условиям статической устойчивости режимов энергосистемы	84
Гуний В.А. Вероятности возникновения аварийных ситуаций в электроэнергетике	85
Гусаков Д.В., Шилов П.В. Причины повреждения измерительных трансформаторов напряжения в электрических сетях 6-10 кВ	86
Замулина Ю.О., Колотилина Л.В. Анализ перенапряжений на шинах ГРУ ТЭЦ при дуговых замыканиях	87
Абдулвелеев И.Р. Перспективные использования ветровой энергии в восточном Оренбуржье	88
Козелепов А.А. К вопросу ограничения токов короткого замыкания на напряжении 6-10 кВ	89
Красников А.С. Анализ тиристорных систем возбуждения синхронных генераторов на Тольяттинской ТЭЦ	90
Курилова Н.С. Способы уменьшения потерь, связанных с неравномерным распределением нагрузки по фазам и, вследствие этого, – перекосом фазных напряжений в сетях с изолированной нейтралью	90
Макаров Я.В., Рыгалов А.Ю. Архитектуры агентов	91
Макерова Ю.А. Влияние расположения расчетной точки короткого замыкания и длины кабельной линии на выбор ее оптимального сечения	92
Мироненко Я.В. Применение методов нечеткой логики для диагностики высоковольтного оборудования	93
Мусаев Т.А. Оптимизация режимов работы городских распределительных сетей напряжением 6-10 кВ	94
Намазова Э.Т. Разработка конструкции и способы повышения коэффициента полезного действия сетевого насоса	95
Намазова Э.Т., Габдрахманов И.Т. Устройство контроля положения и виброперемещения элементов конструкции сетевых насосов	96
Панкратьев П.С. Выбор площадки под строительство ГЭС с учетом многочисленных критериев	97
Петров В.С. Измерение электрического напряжения в условиях импульсных помех для целей автоматики ограничения повышения напряжения	98
Петров В.С. Способ определения абсолютного максимального значения электрического напряжения в устройстве автоматики ограничения повышения напряжения	99

Рыгалов А.Ю. Принцип выбора оптимального решения запроса в мультиагентных системах для электроэнергетики	100
Хусаинов А.Р. Анализ работы защиты от однофазных замыканий на землю при комбинированном заземлении нейтрали в набережночелнинских электрических сетях	101
Шайбаков Р.Э. Опыт внедрения частичного регулятора привода на Кармановской ГРЭС	102
Шилов П.В. Элегазовый трансформатор	103
Шулепов А.Н. Непрерывный контроль состояния силовых трансформаторов	104
Яппаров Р.Р. Экспериментальное исследование возможности обнаружения тепловизором дефектов в проходном изоляторе	105
Гатауллин Н.Р. Изучение опыта применения высоковольтного элегазового оборудования в холодном климате	106
Низамов И.И. Анализ влияния провалов напряжения на технологические параметры потребителей электроэнергии	107

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Ганиева С.Р. Численное моделирование СВЧ-нагрева и плавления диэлектриков	109
Загидуллина Р.И. Применение сигма-дельта АЦП в приборе для измерения температуры нестационарных процессов	110
Наумов А.А. Оценивание информативных параметров пиков выходного сигнала аналитического прибора	111
Алиев А.М., Магомедов А.И. Структурная организация трехмерного процессора для хранения и обработки нечеткой информации	112
Ахмеров Ш.Р. Система для осуществления измерений состояния атмосферы на базе мультикоптеров	1132
Ахмеров Ш.Р. Варианты осуществления зарядного терминала для мультикоптеров	112
Ахметов И.А., Шакиров Р.А. Высокоточный объемный камерный счетчик жидкости и газа – РИНГ	114
Вавилов В.Е., Якупов А.М., Дуракова В.С. Автоматизированное проектирование систем магнитной левитации	115
Желнерович Д.А. Расчет движения и прогрева вязкой несжимаемой жидкости в трехмерном цилиндрическом канале	116
Александров С.С. Разделение совмещенных хроматографических сигналов с использованием двух неселективных детекторов	117
Туманова Д.А. Информационно измерительная система для контроля обводненности водонефтяной эмульсии	119
Хлыстова Е.С., Глазунов А.А. Средство индивидуальной защиты от шума	120

Хусаинов Ф.Ф. Беспроводные датчики в системах управления электроприводами	121
Иларионова О.И. Кластерный анализ систем электроснабжения	122
Кадермятов Р.Д. Разработка обучающей программы «Арифметические основы ЦВМ»	123
Латыпова А.Я. Моделирование процесса в теплообменнике с учетом скрытых его неисправностей	123
Марданова Э.Р. Статистические методы контроля и управления качеством	124
Момот А.В. Проектирование и разработка программных средств ввода электронных заявлений абитуриентов и личного кабинета абитуриента с использованием технологии SILVERLIGHT	126
Назмеев Т.И. Моделирование кинематики манипуляционного робота с помощью нейросети	127
Новикова А.И. Алгоритм многовариантного маршрутизатора сети	128
Пахомов А.П. Схемотехника инверторного источника тока	129
Соболева В.М. Автоматизация статистической обработки амплитуды и задержки сигналов локационного зондирования в линиях электропередачи	130
Стаханов П.А. Создание пассивных элементов электрической цепи: резистора, конденсатора и катушки индуктивности в среде графического программирования LabVIEW	131
Хабибуллина Р.Р. Сбор и передача измерительной информации с применением беспроводных технологий	132

СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Абдулвалеева А.Х. Исследование показателей качества электроэнергии при наличии источников, искажающих синусоидальность кривой	134
Александров С.А. Оптимизация мощностей трансформаторов 6-10/0,4 кВ	135
Амирдзянова Д.З. Электроснабжение промышленных предприятий посредством мини-ТЭС	136
Аникин Н.В. Элегазовые выключатели	137
Анисимова Н.В. Методы оценивания потерь электроэнергии в условиях неопределенности	138
Ахмадуллина А.И. Исследование влияния эффективности функционирования электрооборудований цеховых сетей на уровень потери электроэнергии	139
Ахунова Л.Р. Потери электроэнергии в элементах системы электроснабжения промышленных предприятий и автоматизация расчетов	140

Бадрутдинова Г.Д. Перспективный метод диагностики трансформаторов промышленных предприятий	141
Бельская Е.С. Анализ провалов напряжения в отдельных узлах системы промышленного электроснабжения крупных предприятий . . .	141
Беляевский Р.В. Исследование потерь холостого хода в трансформаторах сетевых организаций	143
Билушов Р.В. Особенности компенсации реактивной мощности дуговой сталеплавильной печи	144
Бородич Е.А. Автономное и аварийное энергоснабжение предприятия на основе газовой микротурбинной установки	145
Булыгина Е.А. Особенности расчёта локализованного освещения	146
Быстров А.В. Экономическое обоснование выбора системы заземления экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ	147
Валиев И.И. О взаимоотношениях между энергоснабжающей организацией и потребителями в части качества электроэнергии	148
Ветошкин Р.А. Энергоэффективные здания	149
Габсалямова А.А. Оценка надежности систем электроснабжения промышленных предприятий с учетом трех видов отказов оборудования	150
Галимзянов Р.К. Оптимизация качественных и количественных характеристик промышленного освещения	148
Гарапшина А.И. Анализ несимметрии напряжения в системах промышленного электроснабжения. Мероприятия по снижению несимметрии напряжения	151
Гатина И.А. Методы и средства диагностики электрооборудования и их эффективность	152
Гатиятуллина Д.М. Особенности регулирования светового потока люминесцентных ламп	153
Гилязов И.М. Повышение эффективности эксплуатации кабельных линий на основе результатов их диагностики	154
Гиниятуллин Р.М. Техничко-экономический анализ функционирования электроэнергетической отрасли	155
Губанов М.М. Практическая реализация автономии частного потребителя	156
Ерпылёв К.Ю. Повышение эффективности систем электроснабжения с использованием альтернативных источников энергии	157
Зарипов Б.З. Разработка методики расчета потери электроэнергии в электрических сетях с учетом температурного режима оборудования	158
Исламов М.З. Анализ воздействий на электрические сети общественных зданий	159
Исламова А.М. Повышение надежности работы электрооборудования при воздействии внутренних перенапряжений . .	160

Капиева А.В. Пути улучшения энергоэффективности технологических процессов	161
Карсакова Я.О. Электромагнитный балласт	162
Киселев М.С. Методы диагностики трансформаторов	163
Козлова Е.Д. Повышение надежности работы электрооборудования при воздействии внешних перенапряжений	164
Кузичкин С.Ю. Перспектива производства низковольтных контакторов	165
Логачева А.Л. Многофазные асинхронные двигатели как инструмент повышения надежности и энергоэффективности электропривода	166
Макаров Я.В. Проблемы оформления энергетического паспорта объектов бюджетной сферы	167
Малацион О.П. Методы и средства анализа состава жидкостей на базе химических сенсоров	168
Медведев М.С., Наумкин Р.Б. Расчет эффекта от замены приборов учета потребителей-граждан	169
Миннуллин Р.М. Преимущества комбинированного освещения на производстве	170
Назмиев Р.Р. Определение параметров работоспособности низковольтных коммутационных аппаратов	171
Наумкин Р.Б., Наумкин И.Б. Создание модели распределительной электрической сети 6-10 кВ	172
Низамиев М.Ф. Экономия электроэнергии на различных участках электроснабжения объектов различных отраслей промышленности	173
Никитина О.В. Исследование старения изоляции алюминиевых и медных проводников в жилых домах	174
Решетников А.П., Садыков И.Р., Сахапов А.А. Диагностика кабелей методом частичных разрядов	175
Риздель А.Н. Перспективы солнечной энергетики	176
Салахов М.Г. Защита распределительных сетей от перенапряжения	177
Саниев И.И. Использование постоянного тока для передачи электрической энергии	178
Сататовских Д.В. Диагностика блока управления и защиты электродвигателя	179
Семин В.Е. Исследование режима работы системы электроснабжения до 1000 В объектов бюджетной сферы	180
Скоков Д.А. Анализ качества электроэнергии на предприятиях .	181
Сулайманов К.Р. Онлайн-системы мониторинга превышения температуры	182

Трутнева Т.В. Методика обеспечения почасового прогнозирования электропотребления крупного промышленного предприятия с учетом погодных факторов	183
Файзуллин А.М. Преимущества использования регулируемого электропривода с частотным преобразователем	184
Фатыйхов И.И. Изучение электромагнитной совместимости источников света и других нелинейных источников	185
Фомин М.А. О выборе номинального напряжения кабеля с изоляцией СПЭ в сетях 6-35 кВ	185
Хабибуллина Л.Р. Экономия электроэнергии в силовых трансформаторах систем промышленного электроснабжения	187
Хаерова А.Н. Исследование опасности и причин возникновения неполнофазных режимов	188
Храмушкина А.С. Оценка возможной экономии электроэнергии в системе электрического освещения	189
Шагидуллин А.В. Моделирование и анализ схем цехового электроснабжения для определения эквивалентного сопротивления сети	190
Шайдуков А.И. Обоснования использования суперконденсаторов в качестве источника бесперебойного питания в производстве электроэнергии	191
Шакиров А.Н. Корреляционно-регрессионный анализ эквивалентного сопротивления цеховой сети промышленного предприятия	192
Шакиров Т.Ф. Выбор структурной схемы источника бесперебойного питания	193
Шакирова А.Н. Анализ электропотребления на промышленных предприятиях	194
Шамгуллина Д.И. Тарифы на электрическую энергию как инструмент энергосбережения	195
Шарафиев А.Р. Совершенствование учета, как один из методов снижения потерь электроэнергии в распределительной сети 0,4 кВ	195
Шишканова А.С. Имитация колебаний напряжения в системах электроснабжения	196
Байкин А.В. Особенности электроснабжения индукционных установок	197
Ефремов Н.С. Оценка качества электрической энергии по искажению синусоидальности напряжения и тока на примере предприятия агропромышленного комплекса	198
Остальцев Р.В. Использование информационных систем при планировании электромонтажных работ и ремонта электрооборудования	199
Филатова Е.Е. Анализ методов снижения потерь электроэнергии	200
Шарафиев И.М. Перспективы применения газоизолированных линий для электроснабжения крупных городов	201

СЕКЦИЯ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Абдрахманов Х.Г. Применение микроконвертора ADuC824 в системах сбора информации	203
Ахметзянова А.Д. Анализ процесса деградации состояния межвитковой изоляции асинхронных двигателей	204
Безроднов П.А. Автоматизация и выбор электрических и электронных аппаратов системы кондиционирования	205
Вангаи А.В. Микропроцессорное устройство для испытаний низковольтных электромеханических реле	206
Гайнуллин И.Ж. Перспектива развития вакуумных выключателей	207
Гайнутдинов А.Р. Лазерный стрелковый тренажер	208
Гиззатуллина И.И. Применение современных компьютерных технологий при расчете и исследовании электрических цепей	208
Глотов М.А. Моделирование электрической дуги отключения .	209
Горбунов А.А., Жеваев М.С. Повышение коэффициента мощности сварочного трансформатора	210
Горбунов А.С. Исследование электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях частоты для электротехнологий	211
Демиденко О.В., Заякина А.А. Расчёт и экспериментальная проверка магнитожидкостного герметизатора вращающегося вала ...	212
Джанакаев З.Д. Логико-лингвистические модели диагностики технического состояния нефтегазового оборудования	213
Долгих И.Ю. Моделирование вихревых токов в ферромагнитных материалах	214
Дроздецкий С.В. Метод настройки ПИД-регулятора в системах управления ключевыми преобразователями	215
Дугина А.А. Математическое моделирование магнитного поля двухпозиционного подвеса на постоянных магнитах	216
Исмагилов И.Р., Хасанов А.А. Лазерно-акустический контроль скрытых дефектов в приповерхностных слоях металлических изделий	217
Кабаяев И.Н., Максимочкин П.Л. Контактёр электромагнитный .	218
Калимуллин Д.Р. Преобразователь частоты с IGCT и его электромагнитная совместимость	219
Кульбаева Г.И., Глазунов А.А. Средства повышения безопасности пешеходов и предупреждения дорожно-транспортных происшествий	220
Лапочкин М.С. Разработка энергоэффективной СВЧ-техники для промышленной обработки снежно-ледяной массы	221

Лапочкина В.В. Применение тренажеров стрельбы для малобазовых огневых городков	222
Латыпов А.Р. Тиристорный преобразователь частоты на базе схемы мостового последовательного инвертора с обратными диодами и удвоением частоты	223
Магомедов А.И. Интеллектуальный счетчик электрической энергии	224
Морозова Д.Ю. Магнитожидкостный датчик угла наклона с кольцевыми постоянными магнитами	224
Набатчиков А.С. Способ обнаружения точечных тепловых объектов на атмосферном фоне	225
Назипов И.Р. Борьба с шумами в радиоэлектронной аппаратуре .	226
Найдёнов Е.В. Модель микросхемы ZL6105 для цифровой системы управления электропитанием преобразовательных устройств	227
Платонов К.С. Разработка многофункционального программно-аппаратного измерительного комплекса для обследования автономных систем электроснабжения военной техники	228
Пушкарёв Е.О. Микропроцессорное устройство регулирования температуры	229
Сабиров Р.Р., Марданов Г.Д. Устройство для исследования режимов работы таймерных модулей микроконтроллеров серии HC08/908	230
Синицин А.М., Зайнуллин Р.Р. Сверхпроводимость в кристаллах PbS_{1-x}	231
Смолин В.А. Логометрический способ аналого-цифрового преобразования сопротивления тензорезистивных датчиков	232
Тимофеев А.О., Мукаева В.Р., Горбатков М.В. Импульсный блок спектральной диагностики и управления для процесса плазменно-электролитического оксидирования	233
Хабрахманов А.Р. Транзисторный преобразователь частоты с согласующим трансформатором для индукционного нагрева	234
Хамматов А.Р., Хатыпов Р.Р. Автоматизированная система управления беспилотным летательным аппаратом	235
Хуснутдинов Р.А., Тиркия А.А., Семенников А.В. Разработка прототипа одночастотного датчика для обнаружения опасных веществ методом ядерного квадрупольного резонанса	236
Чередников А.А. Перспективы развитие коммерческих систем учета электроэнергии	237
Шевченко О.Т. Электромагнитная совместимость в импульсных источниках питания	238
Шляпченков А.А. Сравнительная оценка эффективности методов определения остаточного ресурса аккумуляторных батарей в условиях систем постоянного оперативного тока	239

Яруллин Д.Е. Потери мощности от высших гармоник в электродвигателе СТД-8000 при питании от многоуровневого преобразователя частоты	240
Ефимова Т.С., Нелюбина И.А. Усредняющее устройство	241

СЕКЦИЯ 5. СВЕТОТЕХНИКА И МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исыхакэфу Айхайти, Бурганетдинова Д.Д., Нигматуллин Р.М. Сравнительная характеристика светодиодных ретрофитных ламп ряда производителей	243
Исыхакэфу Айхайти, Зайнашева З.Р., Лакомкин С.Ф. Влияние продолжительности испытания на деградацию источников света и прогнозирование срока их службы	244
Константинов А.Н., Хузин Р.Н. Определение коэффициента пульсаций освещенности светодиодных ламп ряда производителей ..	245
Алхамсс Я.Ш., Ветлугина А.В. Определение уровня смещения максимума длины волны излучения маломощных светодиодов при поэтапном повышении силы тока до 200 мА	246
Казаковцев В.В. Сигнализаторы напряжения	247
Минеева Л.П. Применение светодиодных технологий в дизайне одежды	248
Марфин А.Р. Оценка энергетических характеристик системы «солнечная батарея – привод»	249
Марфин А.Р. Совершенствование методов нанесения покрытий для органических светодиодов	250
Мисирова А.М. Радиаторы для мощных светодиодов	250
Мельничук О.В. Оценка длительности цикла очистки окон фотометрических устройств	251
Киямутдинова А.Р. Исследование светотехнических материалов на светофотометре СФ-56	253
Ульянова А.В. Современные тенденции в дизайне локального освещения помещений	254
Зильбер М.М. Перспективы применения нанотехнологий в солнечных батареях	255
Андреев Д.М., Вахитов К.Ш. Конструкция автономного мобильного источника электропитания	256
Гарипов Р.Р. Энергосберегающие систем освещения	257
Трофимов В.В. Электромеханический блок геосовместимых систем аппаратов искусственного кровообращения	258
Ахатов Б.Р. Восприятие цвета органами зрения человека	259
Хасанов Н.Г. Проблемы профессионального отбора в энергетике	260
Харисова Э.Р., Наконечная Э.А. Влияние наркотиков на жизнь	261

Дайнеко А.В. Возможность применения автономной системы питания наружного освещения	262
Малолетков П.А., Карташова А.А. Применение портативных газовых хроматографов для контроля опасных химических загрязнений	263
Шигапова Ф.А., Карташова А.А. Перспективы получения и применения синтетических топлив в промышленности	264
Тазетдинова А.Р. Плюсы и минусы современных энергосберегающих ламп	265
Федоров А.С. Оценка влияния приборов сотовой связи на здоровье человека	265
Карташова А.А., Зиятдинов М.А. К вопросу об определении летучих органических соединений в объектах окружающей среды . .	266
Гарькавый С.О. Возможности построения инновационной лампы на светодиодах	267

СЕКЦИЯ 6. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

Корзун Б.В., Федотова Ю.А., Гавриленко А.Н., Матухин В.Л. Исследование хайкокита методом мессбауэровской спектроскопии	269
Севастьянов И.Г. Эволюция развития методов обработки сигналов в нейрокомпьютерном интерфейсе	270
Михайлова Т.А., Ибрагимова А.А. Учет неопределенности начальных данных при решении задач одномерной и многомерной минимизации функций	271
Хабибуллин М.Н. Составная конструкция устройства для определения сил взаимодействия и реакций жесткой заделки и невесомого стержня	272
Рахматуллин Р.Р. Составная конструкция устройства для определения сил взаимодействия и реакций двух опор	273
Дворцов А.В. Контроль агрессивности грунта для электрохимической защиты	274
Шульгин Д.А., Шмидт Е.В. Исследование собственных дефектов в полупроводниковом соединении CuAlO_2 методом ЯКР . .	275
Севастьянов И.Г., Малацион С.Ф. Анализ компетенций во время тестирования студентов по физике с помощью сайта i-exam.ru	276
Севастьянов И.Г. Содержание дидактического комплекса инновационной образовательной системы подготовки студентов на кафедре физики	272

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

27–29 марта 2013 г.

Казань

В четырех томах

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

Том 1

Редактор-корректор *К.В. Аршинова*
Компьютерная верстка *К.В. Аршинова*

Подписано в печать 14.03.13.

Формат 60 × 84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 17,09. Уч.-изд. л. 18,97. Тираж 500 экз. Заказ № .

Редакционно-издательский отдел КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51