

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



*V МЕЖДУНАРОДНАЯ
МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ*

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 1

*28-29 апреля 2010 г.
Казань*

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ОАО «ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»
ОАО «СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ»
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

28–29 апреля 2010 г.

Казань

В четырех томах

*Под общей редакцией
доктора физико-математических наук,
профессора Ю.Я. Петрушенко*

Том 1

Казань 2010

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензент:

заместитель директора КФТИ КазНЦ РАН,
доктор физико-математических наук, профессор *В.Ф. Тарасов*

М34 **Материалы докладов V Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения»** / Под общ. ред. д-ра физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. Петрушенко. В 4 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. – 284 с.

ISBN 978-589873-243-1

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области электроэнергетики, электроснабжения, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, релейной защиты, фундаментальной и прикладной математики, безопасности жизнедеятельности.

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. ПЕТРУШЕНКО (гл. редактор); д-р техн. наук, проф. Ю.В. ВАНЬКОВ (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук, проф. Ф.Г. ХАЛИТОВ; д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН; д-р полит. наук, проф. Н.М. МУХАРЯМОВ; канд. техн. наук, проф. С.Р. СИДОРЕНКО; канд. пед. наук, доц. Л.В. АХМЕТВАЛЕЕВА

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов

ISBN 978-589873-243-1

© Казанский государственный
энергетический университет, 2010

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 628.162.5

РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТОПЛИВНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Э.Р. ЗВЕРЕВА, канд. хим. наук, проф., КГЭУ, г. Казань

В настоящее время энерго-, ресурсосберегающие и природоохранные мероприятия являются актуальными в энергетике и в топливном хозяйстве ТЭС, в частности. Прогноз структуры топливно-энергетического баланса России показывает, что нефть и газ останутся доминирующими энергоносителями, при сжигании которых в 2030 г. будет производиться 70 % энергии. Согласно проектам энергетической стратегии России, в XXI в. даже в случае самых жестких ограничений добыча нефти в 2010 г. будет на уровне 280–290 млн. т., а в 2030 г. – на уровне 235–245 млн. т. Свыше 30 % добываемой нефти в процессе ее переработки переходит в топочный мазут, основным потребителем которого являются электростанции и котельные.

Качество мазута оказывает существенное влияние на условия его транспортировки, хранения и сжигания, вызывает проблемы при работе основного и вспомогательного оборудования ТЭС. Потребление высокосернистых вязких мазутов в качестве котельных топлив приводит к выбросу больших количеств не только токсичных оксидов серы и азота, но и канцерогенных полициклоаренов, в первую очередь бенз(а)пирена и пентаоксида ванадия. В результате образования оксидов серы повышается точка росы уходящих топочных газов, что приводит к образованию серной кислоты и, как следствие, к частым ремонтам и замене хвостовых частей котельных агрегатов из-за их коррозии. Состав уходящих газов при сжигании мазута также зависит от его качества: содержания в нем серы, азота, металлов, полициклоаренов. Таким образом, проблема повышения качества топочных мазутов является весьма актуальной в настоящее время.

Простым и эффективным способом улучшения качества исходного мазута является введение в него специальных веществ – многофункциональных присадок, совмещающих антикоррозионные, депрессорные, вязкостные и антиокислительные свойства.

Мы предлагаем использовать отход теплоэнергетического производства – карбонатный шлам, образующийся при подготовке

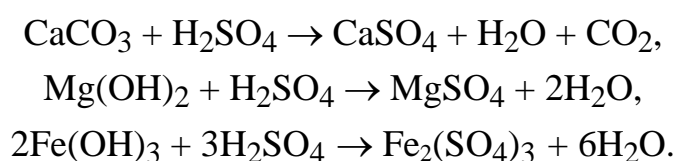
питательной воды на теплоэлектростанциях, в качестве многофункциональной присадки к мазуту, которая не требует затрат на производство и транспортировку. Состав шламов, образующийся при известковании и коагуляции природных вод, зависит от состава обрабатываемой воды и режима обработки, однако, во всех случаях основным компонентом является карбонат кальция (75–85 %), а также гидроксиды магния и железа (по 4–8 %) и кремнекислые и органические соединения.

Ежегодно в зависимости от объемов производства электрической и тепловой энергии образуется более 6,5 тысяч тонн шлама. Утилизация большого количества шлама химической водоочистки, накопленного в шламоотвалах, является большой проблемой в энергетике. На данный момент запасы таких отходов достаточны для того, чтобы начать их массовое и планомерное применение в энергетической отрасли.

Нами было произведено изучение физико-химических свойств шлама химической водоочистки КТЭЦ-1 – фракционного состава, насыпной плотности, растворимости, зольности, влажности и др. Как показали исследования, присадку с размерами частиц менее 0,09 мм целесообразнее всего использовать в качестве присадки к топочным мазутам.

Данная присадка была испытана на мазутах марки М100.

Как показали экспериментальные исследования, снижение коррозионной активности мазута марки М100, которые проводились методом медных пластинок в соответствии с ГОСТ 6321-92, обеспечивается при концентрации присадки 1–4,5 % (масс.). Экспериментально было установлено, что депрессию температуры застывания на 5–7 °С – ГОСТ 20287-91 и снижение условной вязкости исходного мазута на 10–15 % – ГОСТ 6258-85 вызывает использование упомянутой присадки в концентрации 1–2 % (масс.). Предлагаемая присадка позволяет уменьшить генерацию одного из наиболее опасных коррозионных агентов, образующихся при сжигании мазута в парогенераторах, каким является серная кислота, пары которой, конденсируясь на поверхностях нагрева с температурой ниже 330 °С, вызывают их активную коррозию:



Продукты реакций уносятся с дымовыми газами и задерживаются в циклонах вместе с другими механическими частицами.

При этом образуются порошкообразные рыхлые отложения, которые легко удаляются с поверхностей нагрева под небольшим механическим воздействием (при увеличении скорости газового потока, вибрации и т.д.) или осыпаются под действием своего веса, одновременно уменьшается и коррозия поверхностей нагрева.

При проведении экспериментальных исследований в соответствии с ГОСТ 3877-88 содержание серы в испытуемом мазуте, при использовании упомянутой присадки снижается. Однако по ГОСТ 21261-91 было установлено, что калорийность исходного мазута М100 при добавлении в него указанной присадки в количестве 1–2 % от его массы не изменяется (по ГОСТ 21261-91 допустимое расхождение между параллельными опытами составляет 445 кДж/кг или 106,5 кал/г). Таким образом, оптимальная концентрация присадки составляет 1–2 % от массы мазута, при которой она легко растворима в мазуте и в воде при температурах до 40 °С. Проведена предварительная оценка экономической эффективности применения предлагаемой присадки. При повышении цен на мазут эффективность применения присадки увеличивается. В области энергетики предлагаемая присадка до настоящего времени полезно не использовалась. Но, учитывая ее значительное количество, безопасность, доступность и дешевизну, она является эффективной и перспективной присадкой к мазуту.

УДК 621.317

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА И АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В НЧЭС

Е.В. КЛЮЧКО, (ф) ОАО «Сетевая компания» Набережночелнинские
электрические сети, г. Набережные Челны

Телемеханика в энергетике является быстро развивающейся отраслью техники сбора, передачи, обработки и отображения информации, необходимой для оперативного централизованного контроля за процессами производства и распределения электроэнергии. К настоящему времени произошли существенные изменения, как в технических средствах, так и в методах передачи телемеханической информации.

Перед современными системами сбора телеинформации поставлена задача построения территориально распределенной системы, работающей в режиме реального времени, по архитектуре построения соответствующая АСУ ТП и обеспечивающая выполнение требований Концепции технической политики ОАО РАО «ЕЭС России» на период до 2009 года и приказа РАО «ЕЭС России» №603, от 09.09.2005г. «О приведении систем телемеханики и связи на генерирующих предприятиях электроэнергетики, входящих в состав холдинга ОАО РАО «ЕЭС России», в соответствие с требованиями балансирующего рынка».

Одной из особенностей сегодняшнего этапа развития энергетики является то, что энергосистемы вкладывают значительные средства в реконструкцию производственных мощностей. Но замена, ремонт или реконструкция основного технологического оборудования невозможна без модернизации систем управления оборудованием. Основной характеристикой системы автоматизации, определяющей её структуру, состав технических средств и затрат на реализацию является степень её распределённости (децентрализации). Рассмотрим характеристики объекта, обуславливающие выбор в пользу распределённого варианта реализации АСУТП в порядке их значимости.

1. *Физическая изношенность трасс контрольного и силового кабеля датчиков (КИП) и исполнительных механизмов (ИМ).* Замена кабельных трасс – один из самых дорогостоящих этапов реконструкции. Возможность замены большого количества контрольного кабеля, одним интерфейсным кабелем, благодаря установке измерительного оборудования или с устройств терминальной защиты и автоматики непосредственно на присоединениях является главным плюсом этого варианта.

2. *Выход из строя оборудования и время на устранение аварийной ситуации.* Данные собираются с разнородных устройств телемеханики и РЗА на микропроцессорные контроллеры TSP-200 (CE205E2 и т.п.). В этом случае существенно повышается надежность АСУ ПС, поскольку выход из строя одного устройства сбора телеметрии не влияет на работоспособность всей системы. При этом время восстановления связи с одним устройством на присоединении существенно ниже, чем время восстановления целой системы.

Согласно требованиям Концепции технической политики ОАО РАО «ЕЭС России» на период до 2009 года, переход к современным стандартам требует обеспечения объектов телемеханики современными каналами

связи. Современные требования к обеспечению энергообъектов средствами связи, телемеханики, релейной защиты и автоматики, учета потребления и оперативного управления могут быть выполнены только на основе использования цифровых систем. В частности рассмотрение многих типов оборудования показывает, что общей тенденцией стало широкое использование IP протокола. Также важно подчеркнуть, что структура электроэнергетики представляет собой совокупность филиалов, с большим количеством рабочих мест и распределительных пунктов разного уровня и масштаба.

В последнее время развитие сетей передачи данных и телемеханизация объектов производится в объеме выполнения технических условий по технологическому присоединению. При строительстве новых жилых районов, комплексов, торговых центров – производится строительство РП, ТП, БКТП. Прокладываются силовые кабели от головных ПС. Нами закладывается обязательная совместная прокладка ВОЛС, в одной траншее. Данный подход значительно сокращает расходы на строительство ВОЛС, и обеспечивает оптические каналы связи на объектах.

Для примера:

Прокладка 1км кабеля в грунте с откопкой траншеи ~ 200 тыс. руб. (включая цену кабеля 50 тыс. руб).

Совместная прокладка (в готовой траншее) ~ 60–70 тыс. руб. (включая цену кабеля 50 тыс. руб.).

Экономия на стоимости 1 километра ВОЛС составит ~ 130 тыс. руб.

Стоимость строительства 1 км 2х фидеров 10 кВ составляет ~ 1,8 млн руб. Откуда следует, что при совместной прокладке ВОЛС на этапе строительства удорожание кабельной линии 10 кВ составит ~ 4% что даже ниже транспортно заготовительных расходов.

В результате модернизаций, реконструкций, внедрения новых устройств сбора данных телемеханики, на сегодняшний день мы имеем современную систему передачу данных, которая удовлетворяет требования приказа №603.

На схеме отображена система сбора телеметрии и перспективы ее развития.

На примере Объекта №5 рассмотрим схему сбора данных с устройств нижнего уровня: ИПЦ 6806 и МС 1201/1201И/1210.

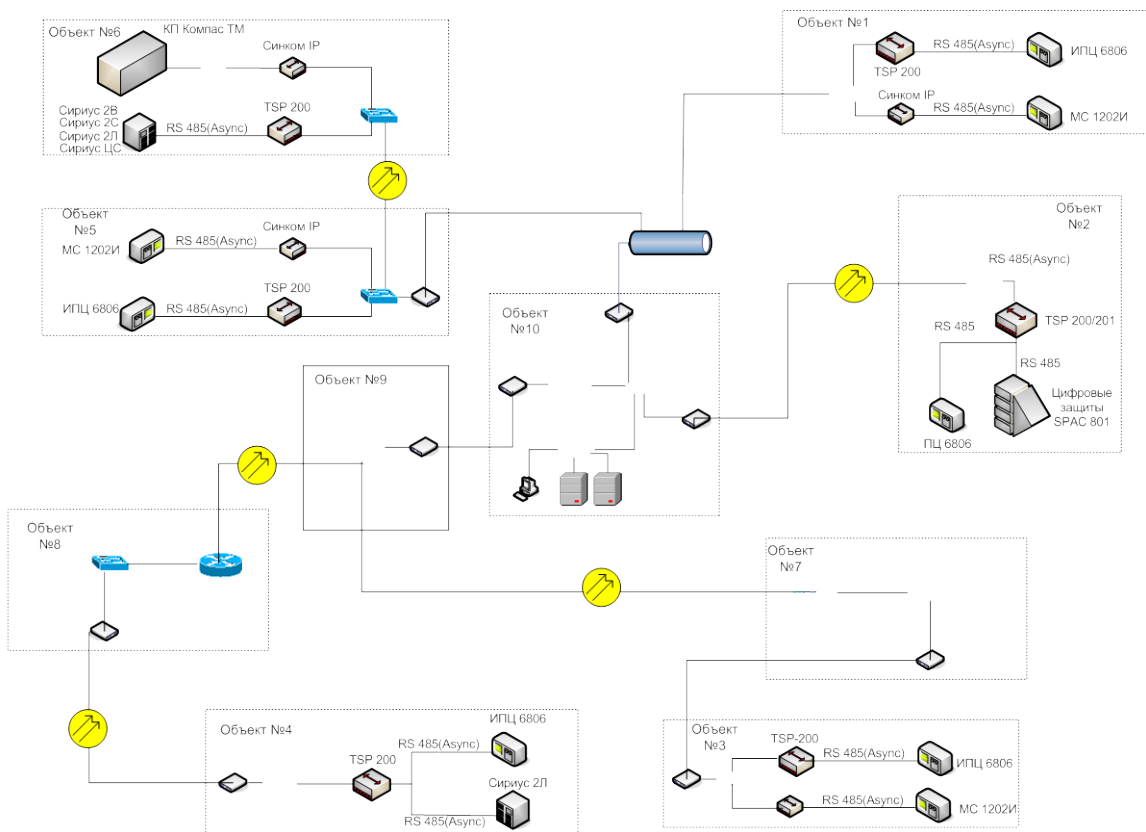
Все эти устройства имеют выходной интерфейс RS 485 и асинхронный режим передачи данных. Сигналы с ИПЦ 6806 собираются по протоколу FT-3 на TSP-200, а с МС на синком-IP.

Далее информация передается через локальную сеть объекта, организованную на коммутаторе и ADSL модеме, являющимся каналообразующим устройством.

Он в свою очередь связан с аппаратной Объекта №10, где уже передается на сервер ОИК. По такому же принципу построена схема сбора телеметрии на Объекте №1, №3.

На участке Объекты №3 – №7 - №10

Сбор данных описан выше. Сигналы с коммутатора на Объекте №3 передаются через SDSL модем на коммутатор Объекта №7. Далее по оптической линии данные поступают в Объект №10 на сервер ОИК.



Объект №2

Введены в работу многофункциональные комплексы релейной защиты и автоматики SPAC 801. Выходным интерфейсом является RS 485, на этом интерфейсе реализуется многоточечное подключение (шинная архитектура).

Данные со всех устройств собираются в коммуникационном контроллере TSP-200 на один из портов, а с ПЦ6806 соответственно на другой.

Обмен между TSP-200 и сервером ОИК «Диспетчер» ведется по протоколу IEC 870-5-104 (МЭК 104) в режиме ведущий-ведомый.

На линии Объект №6 – №5 - №10

Сбор данных телемеханики с одной из секции Объекта №6 осуществляется с устройств СРЗиА «Сириус».

Сигналы с Сириусов по общей шине заведены на коммутационный контроллер TSP- 200 и передаются по протоколу IEC 870-5-104 в коммутатор.

Данные телемеханики с другой секции собираются на КП Компас ТМ, который имеет аналоговый выход сигналов телеметрии, поэтому применяется УПСТМ1.0 (устройство преобразования сигналов телеметрии) осуществляющее организацию канала передачи данных в надтональном диапазоне частот со скоростью до 600 бит /с по стандартным некоммутируемым каналам связи и физическим линиям связи. Выходной интерфейс УПСТМ RS 232. Сигналы с УПСТМ поступают в Синком IP далее в коммутатор. Далее информация, передается через коммутаторы по оптической линии. Линия передачи данных до Объекта №10 описана ранее.

Линия Объекты №4 - №8 - №9 - №10

На объекте установлено два типа оборудования телемеханики:

- ИПЦ.
- Сириус.

Информация с ИПЦ 6806 передаются на один из портов коммутационного контроллера TSP– 200, а с Сириусов на другой. Собранные данные TSP-200 передает через коммутатор по оптической линии на маршрутизатор Объекта №8, а затем и маршрутизатор Объекта №9. Далее через модем данные попадают в Объект №10.

Поставленная система зарекомендовала себя с положительной стороны. Замечаний по сбору телеметрии по данной системе нет. Считаем что путь, выбранный НчЭС в части установки устройств TSP-200 (CE205E2) с применением ВОЛС является оптимальным решением для дальнейшей модернизации системы сбора телеметрии.

Выводы

Развитие сети телемеханики и АСУ ТП в будущем это снижение затрат на обслуживание, повышению достоверности телеизмерений и многое другое.

Говоря о перспективах на ближайшее время это полный переход на цифровые системы сбора и управления и как следствие отказ от промежуточного оборудования, стандартизация протоколов обмена, применение оптоволоконных каналов, каналов передачи данных в GSM диапазоне.

Обобщая можно выделить следующие направления ближайшего развития телеметрии в целом и усовершенствование на примере рассмотренной сетевой компании в частности:

1. Использование единого информационного протокола на всех стыках внутри системы и трансляторов для сопряжения с другим оборудованием.

2. Ограниченный набор универсальных аппаратных блоков вместо широкого ряда специализированных.

3. Максимальное использование современных технологий передачи данных, вместо устаревших каналов.

4. Возможность расширяемости системы без больших дополнительных капитальных вложений.

УДК. 330.131.5

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ В ПОСТРЕФОРМЕННЫЙ ПЕРИОД

Р.А. ТИМОФЕЕВ, канд. экон. наук, доц., КГЭУ, г. Казань

Одна из крупнейших монополий мира РАО «ЕЭС России» 30 июня 2008 года перестала существовать, завершив свою деятельность. На место огромной монополии пришли несколько десятков электроэнергетических компаний, каждая из которых обладает собственным экономическим и технологическим профилем, структурой собственности.

На сегодняшний день можно отчетливо представить внутренние причины низкой эффективности функционирования энергокомпаний присутствующие в дореформенной период.

Во-первых, это отсутствие средств для обновления и развития отдельных энергосистем вследствие чего обусловлено их кризисное положение.

Во-вторых, это отсутствие механизма снижения издержек и как результат неконтролируемый рост затрат.

В-третьих, это односторонность системы учёта для анализа деятельности компаний и принятия управленческих решений на фоне огромного документооборота.

В-четвертых, планирование деятельности между различными организациями холдинга происходило разрозненно без взаимосвязи.

В-пятых, это отсутствие должных формализованных целей деятельности и реальных планов по достижению целей, эффективной системы контроля, системы оценки и мотивации менеджмента.

В 2004–2008 гг. для оптовых и территориальных генерирующих компаний (ОГК и ТГК), магистральных и распределительных сетей (МРСК) главной решаемой задачей было принятие стандарта ключевых показателей эффективности (КПЭ), как единой системы целепостановки для менеджмента энергокомпаний.

Итак, КПЭ должны отражать стратегические и текущие цели компании, их набор должен быть сбалансированным, целевые значения КПЭ должны быть напряженными, но достижимыми, они должны агрегироваться (декомпозироваться) по уровням системы управления. КПЭ – интегральный инструмент планирования и контроля эффективности. Так, к примеру, система сбалансированных КПЭ по данным РАО «ЕЭС России» включала следующие показатели:

- ROTA (позднее с 2005г.- ROE) – конечная эффективность.
- Лимит эксплуатационных расходов – операционная эффективность.
- Недопущение аварийности – производственная надежность.
- Выполнение графиков реформирования (инвестиционных программ) – решение текущих актуальных задач.

В качестве основополагающего показателя эффективности с 2004 года в энергокомпаниях был включен показатель ROTA. Показатель ROTA (Return on Total Assets – рентабельность всей суммы активов компании) рассчитывается либо как отношение <чистая прибыль / активы>, либо как <прибыль до налогообложения / активы>. Менеджмент энергокомпаний оценивается тем выше, чем большую отдачу он сможет получить с каждого рубля активов.

Основная цель формирования и максимизации данного показателя – акцент менеджмента компании на увеличение выручки предприятия, снижения издержек и оптимизации непроизводственных расходов, уменьшение величины активов (за счет избавления от непроизводственных активов, снижения дебиторской и кредиторской задолженности).

Тем не менее, необходимо отметить и присутствующие недостатки показателя ROTA, применимые к энергокомпаниям:

1. Один из незаметных на первый взгляд, но существенных недостатков ROTA ухудшение этого показателя в результате привлечения заемного капитала; оценка менеджмента по данному показателю уничтожает всякие стимулы к привлечению долгосрочных кредитов под модернизацию и новое строительство.

2. Еще один существенный недостаток ROTA заключается в том, что ориентация на этот показатель не способствует оптимизации структуры активов. Например, требование обеспечить ROTA не ниже 4% означает, что любой актив, приносящий менее 4%, ухудшает показатели. Показатель ROTA более удобен не для вертикально интегрированных компаний с двумя взаимосвязанными видами продукции – электроэнергией и теплом, а для промышленных предприятий или промышленных холдингов с разнообразным ассортиментом (не менее 20–30 наименований выпускаемой продукции). В таком случае можно оценить, приносят ли вложения в данный актив (станки, помещения, запасы сырья на складе) для производства определенной продукции нужную отдачу, и сформировать оптимальный набор активов для производства оптимального ассортимента.

3. Третий недостаток ROTA в том, что он не учитывает сезонную специфику энергетического бизнеса.

4. Максимизация ROTA не способствует эффективной учетной политике: препятствует расчистке и переоценке активов, оптимизации налогового планирования.

5. Наконец, высокий ROTA еще не гарантирует наличия средств на выплату дивидендов: прибыль может быть только на бумаге, ведь ROTA не отражает степень ликвидности компании.

Однако ради справедливости необходимо отметить, что с 2005г. начал применяться другой показатель ROE (Return on Equity) – рентабельность собственного капитала равный отношению чистой прибыли к собственному капиталу.

Следующий используемый показатель – лимит эксплуатационных расходов, который обеспечивает необходимый уровень прибыли от продаж.

Он действует в качестве балансирующего показателя ориентирующий менеджмент на выполнение показателя ROE прежде всего за счёт сокращения затрат (анализ выявил, что его вклад в выполнение показателя ROE может составлять 60–80 %).

Третий показатель обеспечивает контроль уровня технологической надежности работы энергооборудования, а четвертый предназначен для реализации другой приоритетной задачи – продвижения энергокомпаний по пути реформирования.

Следующим этапом формирование ключевых показателей эффективности является проблема установления оптимальных значений КПЭ. Поскольку на сегодняшний день существует множество различных методов, то на практике было выделено три наиболее часто и эффективно используемые: бенч-маркинг, нормативный метод, метод лучшей практики.

По данным исследования энергокомпаний, наиболее информативным и удобным оказался метод лучшей практики. Очевидно, что этот метод может оказать существенную помощь при критической оценке существующей системы процессов организации, при поиске альтернативных решений для улучшения производственных и управленческих процессов, при определении базовых или эталонных моделей процессов для сравнения их показателей эффективности с внедряемыми в организации решениями, при определении общих тенденций развития той или иной отрасли.

Опыт внедрения системы КПЭ в компаниях энергетической отрасли показывает, что на ряду положительными сторонами такой оценки существует и очевидные минусы:

- недостаточная жесткость в установлении целевых значений, в т.ч. по надежности и по реформе;
- недостаточная жесткость при подведении итогов (излишний арбитраж, ослабление заданий в течение года);
- отсутствие должного уровня автоматизации процесса, отражение системой КПЭ изменений в условиях работы отрасли с некоторым запозданием.

На сегодняшний день мы полагаем, что данная методика расчета экономической эффективности энергетических компаний должна быть доработана с учетом выше названных недостатков. Так же мы считаем, что наряду с существующей системой индикативных показателей она должна быть дополнена показателями, отражающими экологическую сторону энергокомпаний, поскольку энергетика оказывает колоссальную нагрузку на окружающую среду, и в силу ужесточающейся законодательной базы в области природоохранной деятельности штрафные платежи и санкции в реальных условиях смогут «съесть» всю прибыль. К примеру, можно

порекомендовать показатель соотношения нормативного объема выбросов вредных веществ в атмосферу, доля экологических платежей в себестоимости продукции, коэффициент нормативной экологической опасности и многие другие. Так же нельзя забывать про маркетинговую составляющую, имеющую определенное значение для компаний, выходящих на рынок, должны иметь отражения и показатели, характеризующие социальную составляющую энергокомпаний.

Таким образом, сегодня можно с уверенностью сказать, что существующая система определения экономической эффективности энергетических компаний нуждается в пересмотре и доработке с учетом вышеуказанных недостатков.

Новая система ключевых показателей эффективности должна позволить энергетическим компаниям решать актуальные задачи, который ставит перед ними рынок. Здесь можно выделить задачи:

1. Снижения затрат и приведение их к оптимальной структуре без потери надежности.
2. Финансовое обеспечение стратегических целей энергокомпаний.
3. Обеспечение денежного потока для текущей деятельности.
4. Рост капитализации и инвестиционной привлекательности компаний.
5. Снижение темпов роста тарифов для конечных потребителей.
6. Создание почвы для конструктивного диалога с органами власти.
7. Адаптация энергокомпаний к работе в конкурентном рынке.

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

УДК 622.276.5.057:624.31

КОНТРОЛЬ СТАНКОВ КАЧАЛОК НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ ВАТТМЕТРОГРАММ

Э.М. АРТЫКАЕВА, АГНИ, г. Альметьевск

Станок-качалка нефти (СКН) с глубинным штанговым насосом является одним из наиболее широко используемых механизмов для откачки нефти из подземных горизонтов. Контроль и диагностика позволяют не только повысить эффективность работы СКН, но и осуществить оптимальное планирование его ремонтов и обслуживания, снизить технологические затраты.

Ваттметрограмма представляет собой зависимость потребляемой приводом активной мощности от времени или от положения полированного штока при работе СКН. С использованием ваттметрограммы возникает возможность контролировать оборудование СКН в целом, как электромеханическую систему. Получение ваттметрограммы не связано с применением специальных датчиков, для этого достаточен контроль только электрических величин: тока и напряжения с вычислением активной мощности.

С помощью ваттметрограмм контролируются: состояние работы насоса, степень неуравновешенности СК, наличие отрицательных усилий, ведущих к преждевременному выходу из строя редуктора, степень износа и состояние отдельных узлов СК, состояние ремней передачи, степень загруженности электродвигателя. Ваттметрограмма позволяет наблюдать переходные процессы при пуске, остановке или изменении скорости качаний СКН.

За время одного цикла потребляемая мощность на ваттметрограмме делает два колебания. Первый соответствует опусканию колонны штанг с одновременным поднятием противовеса. Второе колебание мощности происходит при подъеме жидкости из скважины и опускании противовеса. Потребляемая из сети мощность минимальная. Когда противовес находится в верхнем или нижнем положении, то вся энергия тратится только на преодоление сил трения в редукторе электродвигателя.

При эксплуатации штангового глубинного насоса одной из важных задач является уравнивание СКН, что сказывается как на надежности работы оборудования, так и на его энергопотреблении. Наиболее эффективно уравнивание проводить при помощи анализа ваттметрограмм. При нормальном уравнивании СКН амплитуда двух пиков потребляемой мощности при подъеме жидкости и опускании колонны штанг примерно одинакова.

УДК 621.31(673)

РОЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РАЗВИТИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ АНГОЛЫ

П.М. АЛЬБЕРТО, КГЭУ, г. Казань

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

Электроэнергетика Анголы является развивающейся отраслью, которая во многом определяет дальнейшее развитие промышленности страны. Производство электроэнергии в Анголе осуществляется на гидравлических электростанциях (ГЭС), построенных на реках, истоки которых находятся в горных районах. Современные гидроэлектростанции позволяют производить до 1700 млн. кВтчас энергии, что вдвое превышает показатели действующих в настоящее время мощностей на ГЭС.

Развитие промышленности в стране потребует новых энергетических мощностей.

В ближайшее время будут строить новые гидроэлектростанции, благодаря чему начнется развитие промышленного производства в районах, отделенных от столицы. Дальнейшее развитие страны её промышленности, туризма, коммунального хозяйства (например, кондиционеры) потребует более мощных стабильных источников электроэнергии, независимых от изменчивого объема стока рек. Такими источниками энергии могут стать атомные электростанции (АЭС).

АЭС, являющиеся наиболее современным видом электростанций, имеют ряд существенных преимуществ перед другими видами электростанций: при нормальных условиях функционирования они являются надежным источником электроснабжения, в наименьшей степени влияют на окружающую среду.

Основной задачей министерства науки и технологии и министерства энергетики Анголы является исследование условий совместной работы национальных энергосистем и объединений на период до 2020 г., постепенное создание межгосударственной объединенной энергосистемы.

Преимущества совместной работы ГЭС и АЭС заключается в следующих положениях:

- при наличии водохранилищ ГЭС может быть целесообразно использована для работы, как базовой, так и в пиковой части суточного графика системы с частыми пусками и остановами агрегатов;

- АЭС целесообразно использовать в базовой части суточного графика нагрузки.

Мы считаем, что гидроэнергетика и атомная энергетика – это испытанные технологии производства электроэнергии, использование которых в долгосрочной перспективе может приносить обществу максимальные преимущества с минимальным ущербом окружающей среде.

УДК 621.316.925

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТОКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ ОАО «МОРДОВЭНЕРГО»

Р.М. АСТАШКИН, Т.Ю. СИЗОВ, А.В. ДВОРЦОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ш. БИКБОВ

Сегодня, в условиях растущего дефицита электрической мощности в отдельных узлах и на отдельных объектах Мордовской энергосистемы, актуальна проблема энергосберегающих технологий транспортировки и потребления электрической энергии. Одним из основных факторов, снижающим качество электроэнергии, приводящим к дополнительным потерям в проводниках, завышению мощности трансформаторов и сечения кабелей и проводов линий электропередач, отклонению напряжения сети от требуемых параметров, являются балластные потоки реактивной мощности, не связанные с выполнением полезной работы, а расходуемые на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, дросселях, осветительных и других приборах потребителей электрической энергии.

С целью повышения надежности и технико-экономической эффективности распределительных электрических сетей, повышения надежности и устойчивости систем электроснабжения потребителей в настоящее время в ОАО «Мордовэнерго» развернута широкомасштабная работа по оптимизации потоков реактивной мощности в электрических сетях. Она включает в себя целый комплекс организационных и технических мероприятий. Наряду с этим большое внимание в планах по оптимизации потоков реактивной мощности уделено работе с потребителями, т.к. в большинстве практических случаев просматривается

техническая и экономическая целесообразность полной или близкой к ней компенсации реактивной мощности как можно ближе к её приемникам, т.е. у потребителя.

Причем основой этой работы будут являться меры по формированию у потребителей понимания необходимости компенсации реактивной мощности и преимуществ от ее проведения. Ведь чем быстрее они войдут в режим компенсации, тем быстрее они получают выгоды. Соответственно потребитель принимающий участие в процессе компенсации реактивной мощности и поддерживающий определенное ее соотношение получает преимущества в виде скидок на оплату электроэнергии, высвобождения дополнительных мощностей и повышения качества и надежности электроснабжения.

Таким образом, реализация намеченных ОАО «Мордовэнерго» планов по оптимизации потоков реактивной мощности отвечает технико-экономическим интересам всех субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии Мордовской энергосистемы.

УДК 621.315.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДИАГНОСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

А.Р. АУХАДИЕВ, Р.Р. ЛУТФУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.К. ЗАРИПОВ

Для исследования полимерных изоляторов применяются различные методы дистанционной диагностики: тепловизионный, ультрафиолетовый и ультразвуковой. Стоит задача разработки методики диагностики и требований к диагностическому оборудованию.

Мы провели ряд лабораторных экспериментов по исследованию эффективности различных способов дистанционной диагностики, при выявлении дефектов полимерных изоляторов. Путем моделирования различных видов дефектов на изоляторе ЛК-70/35, исследовалась возможность выявления дефектов с помощью тепловизора, ультразвукового и ультрафиолетового дефектоскопов при подаче на изолятор напряжения от 2 до 35 кВ.

Разработан комплексный метод дистанционного контроля состояния полимерных изоляторов под напряжением переменного тока на основе совместной регистрации теплового излучения и излучения частичных разрядов на поверхности изолятора.

Определены требования к аппаратуре и условиям проведения контроля состояния полимерной изоляции, переменного тока на основе совместной регистрации теплового излучения и излучения частичных разрядов.

Предложена структура аппаратно-программного комплекса для дистанционной диагностики высоковольтных изоляторов и алгоритм работы компьютерной программы для обработки термограмм изолирующих конструкций.

Получены экспериментально обоснованные зависимости распределения температуры и напряжения на подвесных полимерных изоляторах ЛЭП переменного тока от активного сопротивления изоляторов, позволяющее связать любое возможное состояние изоляции с тепловым излучением и излучением частичных разрядов.

Обоснована целесообразность совместной регистрации теплового излучения и излучения частичных разрядов для повышения достоверности определения состояния изоляции за счет уменьшения неоднозначности в интерпретации данных, получаемых с отдельных приборов.

Результаты натурных исследований показали эффективность комплексной диагностики с одновременным использованием приборов регистрирующих тепловое излучение и излучение частичных разрядов и подтвердили правильность расчетов.

УДК 621.316

ОПТИМИЗАЦИЯ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4–10 кВ

А.Р. АХМЕТШИН, КГЭУ, г. Казань

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

В последние годы доля бытового потребления электроэнергии увеличивается, это связано с широким применением различного вида электроприборов. Распределительные сети, спроектированные по нормам потребления 80-х годов, не справляются с пропускной способностью, в результате чего возникают отклонения напряжения от номинальных

значений, что ведет к нарушению ГОСТ-13109-97. Ухудшение качества электроэнергии также наблюдается на участках с большой протяженностью линий электропередач.

Для удовлетворения требования ГОСТ-13109-97 возникает необходимость в увеличении пропускной способности линий электропередач и поддержании номинального уровня напряжения у потребителя. В работе были рассмотрены следующие способы увеличения пропускной способности линий электропередач:

- увеличение сечения провода, путем замены на новые провода с большим сечением;
- уменьшение передаваемой реактивной мощности, путем применения конденсаторных установок;
- применение пунктов автоматического регулирования напряжения;
- применение стабилизаторов напряжения.

Для примера рассматривалась распределительная электрическая сеть с проблемными участками, в которых качество электроэнергии не удовлетворяло ГОСТ.

Путем оптимального применения различных способов в данной схеме добились улучшения качества электроэнергии с наименьшими затратами.

В результате комбинированного использования этих способов планируется выявить критерии, с помощью которых в дальнейшем будет находиться оптимальное решение для улучшения качества электроэнергии.

УДК 621.314.22

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

А.М. БЛИНОВ, СФМЭИ, г. Смоленск

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

Из соотношений (1)–(3) для оценки погрешностей ТТ

$$f_m = \left(\left(I_2 / \sqrt{(I_2 + I_{02} \cdot \cos \beta)^2 + (I_{02} \cdot \sin \beta)^2} \right) - 1 \right) \cdot 100\% , \quad (1)$$

$$\delta = \arcsin((I_{02} \cdot \sin(\beta))/I_{12}), \quad (2)$$

$$\beta = 90^\circ - \phi_2 - \gamma, \quad (3)$$

видно, что необходимо располагать данными угла потерь в стали γ .

Зная марку стали, мы не располагаем её характеристикой $\gamma = f(B_m)$. Величина γ зависит как от марки стали, так и от её качества, партии и других факторов, поэтому целесообразно для каждой марки стали иметь постоянное среднее значение угла потерь в стали для определенного интервала. Наиболее часто используемый интервал от 0 до $I_{\text{ном}}$. Такое решение упрощает методику расчета погрешностей ТТ.

Результаты исследования по влиянию усредненного значения угла потерь в стали на оценку погрешностей ТТ приведены в данной статье.

Были проведены исследования для марок сталей 3406 и М6Х.

Усредненное значение в вышеуказанном интервале вычислялось по следующей зависимости: $\gamma_{\text{сред}} = \sum_{i=1}^n \gamma_i / n$.

В результатах прослеживается, что на интервале $(0,25-1,0)I_{\text{ном}}$ полная погрешность ТТ, рассчитанная с использованием реальных углов потерь в стали и принятого для данной марки стали на указанном интервале среднего значения, практически одинакова.

Для более точной оценки влияния погрешности вносимой средним значением, в определении полной погрешности, используется параметр λ :

$$\lambda = \left(\left| \varepsilon_{\gamma} - \varepsilon \right| / \varepsilon \right) \cdot 100\% . \quad (4)$$

Приведенные исследования показали, что при оценке погрешностей ТТ работающих при токах, не превышающих $I_{\text{ном}}$, можно в расчетах принимать величину γ как среднюю для рассматриваемого диапазона индукции типовой характеристики их намагничивания, при этом вносимая погрешность не превышает 1,6 % от полной погрешности ТТ.

УДК 621.314.222

АНАЛИЗ ОДНОГО НЕПОЛНОФАЗНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 110/10(6) кВ

А.Х. ВАЛЕЕВ, УГАТУ, г. Уфа

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

В данной работе с помощью метода симметричных составляющих был произведен анализ одного неполнофазного режима работы параллельно соединенных трансформаторов 110/10(6) кВ.

Достоинством данного метода является возможность использования схем замещения приведенного трансформатора для токов различных последовательностей и проведение расчетов с помощью простых аналитических формул.

Рассматриваемый режим работы возникает при отключении (обрыве) фаз *A* и *B* и замыкании фазы *C* на фазу *B* со стороны ВН рассматриваемых понижающих трансформаторов. Данный режим работы ЭЭС может возникнуть при авариях, а также в результате ошибок в работе персонала.

Был рассмотрен случай параллельной работы двух трансформаторов нейтраль одного из которых заземлена, а у второго – разземлена. Схемы соединения обмоток соответственно Y_0/Δ и Y/Δ .

Несимметричные режимы приводят к несимметрии вторичных напряжений трансформатора, что сказывается на качестве электроснабжения потребителей. Для самого трансформатора несимметричная работа может быть опасна в отношении перегрузки отдельных обмоток, а также чрезмерных повышений фазных напряжений и насыщения магнитопровода.

Данная работа позволяет оперативно оценить опасность возникшего режима работы для производителя и потребителей электроэнергии что не всегда возможно ввиду очень недостаточно подробного рассмотрения неполнофазных режимов работы трансформаторов в технической литературе.

Результатом выполненной работы является выявление, а также количественная оценка повышения напряжения и изменения тока нагрузки у потребителей вследствие появления рассматриваемого несимметричного неполнофазного режима.

УДК 621.391.814.232

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Д.В. ВИНОГРАДОВА, С.С. МАРЬИН, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. МАРЬИН

Работа посвящена изучению электрических кабельных сетей связи, в частности локальных вычислительных сетей с неоднородным потоком

информации. Рассматриваются архитектуры, топологии построения вычислительных сетей. Основным вопросом является разработка метода расчета производительности. В его основе используется аппарат теории вероятностей, теории вычислительных систем в части сетей массового обслуживания. Следует отметить, что в работе проведен анализ современных методов и способов уменьшения затухания сигнала в кабелях связи, а также способов увеличения их пропускной способности.

Эти характеристики являются важным атрибутом описания линий связи и оказывают значительное влияние на общую производительность локальных вычислительных сетей.

Учитывая, что построение единой универсальной модели не может быть осуществимо ввиду ее необозримости, следовательно, и невозможности расчета. Поэтому использование сетей массового обслуживания для моделирования рассматриваются для конкретной сети.

На настоящий момент ведется разработка построения вероятностной модели локальной вычислительной сети русско-итальянской компании по телекоммуникациям «РИКТ». Представленная локальная вычислительная сеть состоит из двух объектов, каждый из которых включает четыре жилых дома, подключенных к коммутаторам, которые в свою очередь соединены с телекоммуникационным центром «РИКТ». Потoki информации неоднородные со случайными моментами времени поступления заявок. Расчеты осуществляются на основе статистики, полученной с коммутаторов.

По окончании построения вероятностной модели, выбираются оптимальные для данного вида сетей методы увеличения производительности. Затем производятся повторные расчеты, на основе которых сравниваются полученные значения производительностей с реальным значением. По итогам анализа выбирается наиболее удачный метод.

Полученный метод анализа может быть использован для разработки методик по расчету производительности современных электрических кабельных сетей.

УДК 621.311

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СХЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Б.М. ГАЙСИН, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. доц. Т.Ю. ВОЛКОВА

Актуальность темы исследовательской работы. Развитие конкурентных отношений в электроэнергетике и участвовавшие в мире крупные системные аварии указывают на необходимость повышения надежности и эффективности схем распределительных устройств (РУ) и оборудования энергосистем и энергообъединений.

Научная новизна и значимость полученных результатов заключается в следующем:

1. В процессе работы собрана, сопоставлена и проанализирована информация по схемным решениям РУ применяемым в энергосистемах России и других стран.

2. Применена методика расчета надежности объекта электроэнергетической системы на основе критерия ненадежности и указаний к расчету вероятностей состояний неготовности, различного вида объектов электроэнергетической сети (ЭЭС).

3. В работе предложены различные решения позволяющие повысить уровень надежности схем РУ ПС и уменьшить занимаемые ими площади.

4. Применена методика расчета приведенных затрат схем РУ ЭЭС.

5. Предложены рекомендации о возможном использовании рассмотренных схем на практике электросетевого строительства в ОАО «Башкирэнерго».

6. Приведены основные результаты и выводы по анализу схем РУ в мировой энергетике.

Личный вклад автора. По теме научного исследования опубликована 1 научная работа.

Практическая ценность работы.

1. Приведены рекомендации по установке различного оборудования и изменению схем РУ ЭЭС для повышения ее надежности и уменьшения занимаемой площади.

2. Предложены рекомендации о возможном использовании рассмотренных схем на практике электросетевого строительства в ОАО «Башкирэнерго».

УДК 621.31.015.2

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.Ш. ГАРЕЕВ, УГАТУ, г. Уфа

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

На качество электроэнергии, поставляемой потребителю, большое влияние оказывают провалы напряжения, которые характеризуются тремя показателями: длительность; глубина; частота.

Исследование провалов напряжений имеет большое значение, так как от их характера зависит работа высоковольтных и низковольтных электродвигателей, ход технологического процесса и т.д. Поэтому при проектировании и эксплуатации энергосистем необходимо учитывать возможные провалы напряжений, причинами которых являются короткие замыкания (КЗ).

На глубину провалов напряжений у потребителей, при КЗ за трансформатором, значительное влияние оказывают схемы соединения обмоток трансформатора, расчет которого аналитическими методами достаточно трудоемкий, и тяжело поддается программированию. Мы упростили расчеты, сведя их в одно матричное уравнение, и за счет этого облегчили применение ЭВМ. Весь расчет перехода можно представить одним уравнением в матричной форме: $|\underline{U}_{НН}| = \frac{1}{3} \times |\underline{Tr}| \times |\underline{U}_{ВН}|$, где $|\underline{U}_{НН}|$ – столбец-матрица напряжений на расчетной стороне трансформатора; $|\underline{U}_{ВН}|$ – столбец-матрица напряжений со стороны КЗ; $|\underline{Tr}|$ – квадратная матрица учитывающая влияние схемы соединения обмоток трансформатора:

$$|\underline{Tr}| = \begin{vmatrix} b + b^{-1} + \delta & a \cdot b + a^2 \cdot b^{-1} + \delta & a^2 \cdot b + a \cdot b^{-1} + \delta \\ a^2 \cdot b + a \cdot b^{-1} + \delta & b + b^{-1} + \delta & a \cdot b + a^2 \cdot b^{-1} + \delta \\ a \cdot b + a^2 \cdot b^{-1} + \delta & a^2 \cdot b + a \cdot b^{-1} + \delta & b + b^{-1} + \delta \end{vmatrix};$$

где $a = e^{j120}$; $b = e^{-j\frac{\pi}{6}N}$ – зависит от группы соединения обмоток (N – указывает группу соединения обмоток трансформатора); δ – зависит от вида заземления нейтрали и принимает значения 1 или 0.

Данный метод еще больше упрощает расчет для тех случаев, когда между точкой расчета и точкой короткого замыкания находятся несколько трансформаторов.

В результате, для наиболее распространенных групп соединения обмоток трансформаторов были получены матрицы $[Tr]$, и рассчитано влияние схем соединения обмоток трансформаторов на провалы напряжений при наиболее частых видах КЗ.

УДК 621.316.925

АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭКРАНОВ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ ПРИ ВНУТРЕННИХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

А.В. ДВОРЦОВ, Т.Ю. СИЗОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. ХИЗБУЛЛИН

В последнее время силовые кабели среднего и высокого напряжения современных конструкций широко используются для передачи и распределения электроэнергии, особенно в крупных городах и на промышленных предприятиях, где уровень электропотребления и плотность нагрузки весьма значительны. Наибольшее распространение получают силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

В большинстве случаев применение силовых однофазных кабелей требуют повышенного внимания к обустройству их экранов. Если для кабелей с большим сечением жилы – специальные мероприятия необходимы, прежде всего, для радиального снижения токов и потерь в экранах в нормальном режиме работы, то для кабелей с малым сечением жилы специальные мероприятия могут потребоваться в том числе для повышения термической стойкости экранов и снижения риска повреждения экрана кабеля на протяженном по длине участке.

Внутренние КЗ в кабеле являются определяющими при формулировании требований к термической стойкости экранов, поскольку:

- при внутренних повреждениях токи в экранах протекают всегда, тогда как при внешних КЗ лишь в некоторых случаях;

- для радиальной сети в качестве внешних КЗ рассматриваются повреждения изоляции у потребителя, сопровождаемые меньшими токами, нежели при внутренних повреждениях в непосредственной близости от центра питания.

Проблема токов в экранах в нормальном режиме:

- Кабели с малым сечением жилы (решается за счёт расположения фаз сомкнутым треугольником).

- Кабели с большим сечением жилы (решается за счёт секционирования экранов, применение транспозиции).

Проблема термической стойкости при повреждении изоляции кабеля:

- Кабели с малым сечением жилы (решается выбором сечения экрана или отчасти облегчается применение «скрутки» экранов в соединительных муфтах).

- Кабели с большим сечением жилы (решается выбором сечения экрана).

УДК 621.316.9

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРУППЫ ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 110–220 кВ

О.В. ГОРЯЧЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Провалы напряжения воздействуют на системы электроснабжения промышленных предприятий кратковременно, но их негативный результат является значимым для потребителей.

Использование токоограничивающих устройств (ТОУ) в электрических сетях 110–220 кВ с целью ограничения провалов напряжения возможно уже в настоящее время на базе высоковольтных реакторов.

Параметры группы ТОУ оптимизируются при наличии эффекта шунтирования энергосистемой со стороны питания ТОУ, установленного в цепи междушинного выключателя системообразующей подстанции (СОП). В этом случае возникает необходимость в установке ТОУ в цепи междушинного выключателя на ОРУ-110 кВ электростанции (ЭС). Оптимизация параметров группы ТОУ заключается в минимизации суммарного сопротивления ТОУ.

Определяется оптимальное соотношение между параметрами ТОУ, установленного на СОП, и ТОУ, установленного на ОРУ ЭС, при коротком замыкании (КЗ) на шинах СОП и при коротком замыкании на шинах ОРУ ЭС. Анализ результатов вычислений при КЗ на шинах СОП и КЗ на шинах ОРУ ЭС показывает, что за расчетное КЗ при выборе сопротивлений ТОУ можно взять КЗ на шинах ОРУ ЭС.

С технической точки зрения расчетное КЗ на шинах ОРУ ЭС будет наилучшим вариантом при любых КЗ, возникающих как на линиях, так и в других местах.

Но необходимо посмотреть экономическую эффективность от применения полученной комбинации индуктивных сопротивлений ТОУ: может оказаться, что установка реакторов с высоким значением индуктивного сопротивления будет весьма затратной. Ставится задача исследования: всегда ли можно за расчетное КЗ выбрать КЗ на шинах ОРУ ЭС. Для чего проводится анализ соотношения параметров схемы замещения системы электроснабжения: рассматриваются различные соотношения между сопротивлением линии и сопротивлением блока генератор-трансформатор.

УДК 621.3

ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ

А.А. ДОЙНИКОВ АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ф. ЯРЫШ

В настоящее время темпы роста производства и развития инфраструктуры городов, способствующие резкому увеличению энергопотребления, привели к значительным технологическим проблемам.

Энергетика нуждается в революционных технологиях и в создании принципиально новых методов энергосбережения.

Передача энергии без проводов – не теория и не просто вероятность, как это представляется большинству людей, но явление, которое экспериментально демонстрировалось в течение ряда лет. Эксперименты по беспроводной передаче электроэнергии начались более 100 лет назад с опытов Н.Тесла. Спустя много лет интерес к этой проблеме возник снова, особенно после того, как С.В. Авраменко продемонстрировал передачу переменного тока по одному проводу в Московском научно-исследовательском электротехническом институте.

Основу устройства для однопроводной передачи энергии составляет «вилка Авраменко», которая представляет собой два последовательно включенных полупроводниковых диода, к средней точке которых подключена однопроводная линия. Использование одного провода для передачи энергии позволит:

1. Значительно упростить схему электрической сети, при выработке, транспортировке и потреблении энергии.
2. Экономить до 10–15 % энергии только на нагреве проводов.
3. Увеличить КПД передачи до 95 %.

4. Снизить затраты на материал при изготовлении проводов.

Следовательно, можно сделать вывод о перспективности перехода от трехпроводной передачи энергии к однопроводной, а в последствие и к беспроводной передаче.

УДК 621.316

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Л.В. ЗАКИРОВА, А.М. ЮЛУКОВ, УГАТУ, г. Уфа
 Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. Р.Р. ИСМАГИЛОВ;
 канд. техн. наук, доц. Д.Ю. ПАШАЛИ

Актуальной задачей электроэнергетики является обеспечение надежности коммутационных устройств наружной установки, способных обеспечивать оперативные переключения в гололедноветровых режимах. Разработано оригинальное техническое решение, повышающее отключающую способность разъединителей, предназначенных для работы на открытом воздухе в воздушных распределительных устройствах электрических сетей напряжением до 35 кВ, (см. рис.).

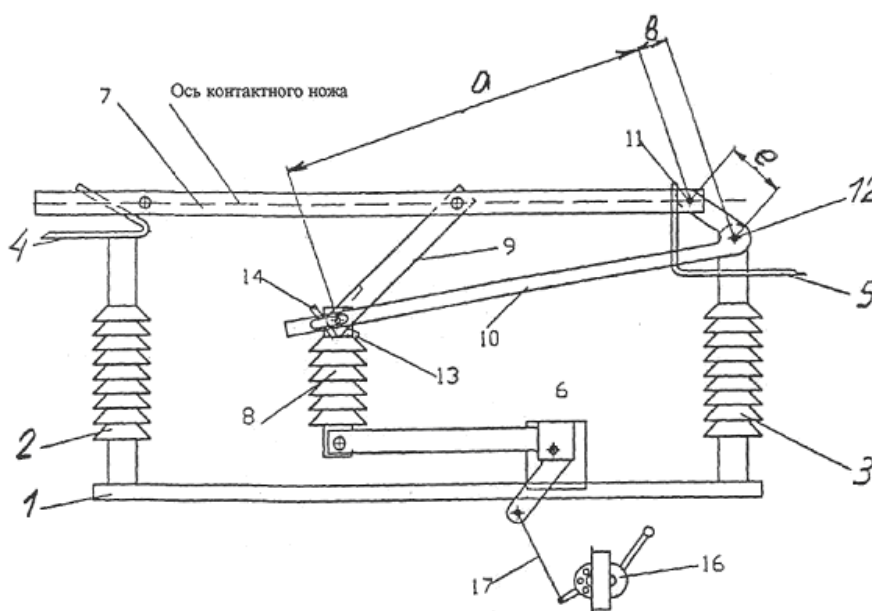


Рис. Разъединитель

На раме 1 разъединителя закреплены неподвижные изоляторы 2 и 3 с контактами 4 и 5, а также ось 6 привода контактного ножа 7. Узел привода

контактного ножа содержит подвижный изолятор 8, первую тягу 9 (шарнирно соединенную с контактным ножом и подвижным изолятором) и вторую тягу 10, которая через шарнир 11 соединена с контактным ножом, а через шарнир 12 – с неподвижным контактом 5.

Кроме того, вторая тяга соединена с подвижным изолятором и первой тягой посредством кулисы. Сочленение подвижного изолятора с контактным ножом выполнено с помощью пружины 13. Торцец первой тяги со стороны подвижного изолятора оснащен клиновидной пластиной 14 клиновидной формы с выступами 15 с двух сторон. Разъединитель приводится в действие приводом 16 посредством жесткой связи 17.

Расчёты стоимости приведенного выше оригинального устройства разъединителя и разъединителя традиционной конструкции сопоставимы, а надежность работы в гололедных условиях предлагаемого разъединителя существенно выше.

УДК 621.314

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ ПО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЮ

Л.И. ЗАМАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

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

Одной из важных эксплуатационных характеристик трансформаторного масла (ТМ) является растворенная в нем вода, содержание которой нормировано. Превышение содержания воды допустимой величины приводит к снижению электрической прочности и маслосборной изоляции в целом. В связи с этим необходим своевременный контроль состояния ТМ.

На сегодняшний день стандартизованы два метода определения влагосодержания (МОВ) в ТМ: гидридкальциевый и Фишера.

Проблема стоит в том, что точность существующих методов мала. Титрование по Фишеру, как и гидридкальциевый метод, приводит к завышению результата за счет реакции с гидроперекисями, кислотами и другими примесями, т.к. они тоже содержат группу ОН.

Решением данной проблемы является усовершенствование – наиболее приемлемого из двух существующих МОВ в ТМ – метода Фишера.

С целью удаления воды из ТМ были проведены два эксперимента:

1. Вакуумирование ТМ в течении 2 часов, нагревая его до 105–110 °С.
2. Нагрев ТМ в микроволновой печи (МП) в течении нескольких интервалов времени.

Истинное влагосодержание в ТМ было определено разностью между содержаниями воды в исходном масле и в вакуумированном либо нагретом в МП масле.

Также был проведен спектральный анализ ТМ до и после экспериментов (вакуумирования и нагрева в МП) с помощью спектрофотометра СФ-56, который показал, что коэффициент пропускания масла после эксперимента увеличился. Это можно интерпретировать тем, что после проведенных экспериментов рассеяние на растворенной в ТМ воде уменьшилось и масло стало прозрачнее.

Чтобы удостовериться в том, что в результате проведенных опытов из масла была удалена только вода, были получены координаты цветности масел. Поскольку данные координаты до и после эксперимента практически одинаковы, следовательно, химический состав ТМ также не претерпел изменений. Отсюда следует, что путем вакуумирования и нагрева в МП из масла была удалена только вода, что и требовалось.

УДК 621.311

РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Д.А. ЗАПЕВАЛОВ, ЗАО «СиСофт Иваново», г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Б. ИЛЬИЧЁВ

Для обеспечения надёжного функционирования особо ответственных механизмов собственных нужд ТЭС, АЭС и опасных производств могут использоваться приводы как постоянного, так и переменного тока. Приводы переменного тока в случае нарушения питания от сети подключаются к батарее через инвертер. При проектировании таких сетей необходимо иметь возможность описания сети переменного и постоянного тока в одной модели.

В рамках этой работы на базе программного комплекса EnergyCS Электрика были разработаны методы и алгоритмы, позволяющие хранить, описывать и рассчитывать такую модель.

При проектировании электрических сетей с возможностью питания от аккумуляторных батарей имеют место следующие задачи: определение расчетных нагрузок потребителей сети постоянного тока, выбор

аккумуляторных батарей, расчеты токов короткого замыкания для выбора оборудования, расчеты токов короткого замыкания для проверки чувствительности защитных аппаратов, согласование уставок защит как на сторонах постоянного и переменного тока.

Оценка времени работы от аккумуляторной батареи выполняется на основе расчетной нагрузки подключенных к ней потребителей с использованием разрядных характеристик, поставляемых в паспортных данных аккумуляторных батарей.

Разработанные гибкие алгоритмы автоматизированного выбора АБ позволяют выбрать и проверить АБ для любых условий эксплуатации, в том числе и с учётом возможности наличия толчковой нагрузки в конце разряда, а также при наличии стабилизатора постоянного напряжения или элементного коммутатора.

Метод ввода и хранения характеристик АБ в справочнике ПК реализован так, что с одной характеристикой может ассоциироваться целый спектр АБ, как с точки зрения расчёта токов КЗ, так и автоматизированного выбора АБ. Расчет токов КЗ производится, для начального момента КЗ и в момент отключения с учетом затухания из-за нагрева проводников, дуги, и изменения свойств АБ к моменту отключения КЗ.

УДК 621.321.311

ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНЫХ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Е.Н. ИЛЬИЧЕВА, ИГЭУ, г. Иваново

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

Проектирование, связанное с развитием электросетевых районов, включает в себя широкий круг задач. К таким задачам относятся следующие: разработка конфигурации сети, привязка сети к условиям местности, анализ установившихся режимов, расчет токов короткого замыкания, анализ устойчивости и др.

Для решения этих задач с применением вычислительной техники в проектной организации составляются соответствующие модели сети. Они могут иметь близкий по составу набор параметров, одинаковые конфигурации, но отличаются применительно к решению каждой задачи.

Подразумевается, что все эти модели соответствуют, одному состоянию сети, но на практике из-за того, что каждая модель формируется разными специалистами, в разных подразделениях модели получаются совершенно разные, что ведет к ошибкам в расчетах и ошибкам в проектировании.

Выходом из такой ситуации может быть объединение различных моделей в одну, универсальную, содержащую достаточное количество информации для решения всех поставленных задач. Создание единой модели становится возможным, при применении объектного подхода описания модели. В такой модели объект является представлением реального элемента сети и содержит перечень присущих ему атрибутов, необходимых для проведения всех видов расчетов.

В рамках работы были сформулированы методы реализации такого подхода в составе программных комплексов серии EnergyCS.

При подготовке расчетной схемы для расчёта установившихся режимов в ПК EnergyCS Режим автоматически формируется модель, пригодную также и для расчётов токов коротких замыканий. Для этого при формировании модели может быть предусмотрен ввод дополнительных данных, значимых для расчета ТКЗ и, возможно, ненужных для расчета установившегося режима.

Для формирования единых моделей крупных электроэнергетических систем, была разработана технология, позволяющая сократить расходы на ввод и использование большой модели за счет распараллеливания, процесса ввода схемы и ее отладки.

УДК 621.311.42

ВНЕДРЕНИЕ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПОДСТАНЦИЯХ

А.В. КАЛИНГЕР, ОГТИ (Ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. пед. наук., доц. Г.Н. СИНИЦИНА

С 1998–2002 года тепловизионная диагностика введена в «Объем и нормы испытаний электрооборудования», и это дает возможность ее масштабного применения всеми энергосистемами.

Применение тепловизионной диагностики основано на том, что наличие некоторых видов дефектов высоковольтного оборудования вызывает изменение температуры дефектных элементов и, как следствие,

изменение интенсивности инфракрасного (ИК) излучения, которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами.

Тепловизионная диагностика позволяет без отключения и вывода высоковольтного оборудования из работы на ранней стадии развития выявлять дефекты, которые невозможно обнаружить никакими другими методами испытаний.

Использование тепловизионной диагностики на подстанциях и других системах электроснабжения позволит решить такие задачи, которые были бы невозможны при ее отсутствии:

1. Возможность массового обследования электрооборудования одной бригадой из трех человек с одной тепловизионной камерой за период подготовки энергетических объектов к осенне-зимнему максимуму нагрузок.

2. Выявить значительное количество аппаратов, находившихся в предаварийном состоянии – дефектные контактные соединения, конденсаторы связи, вентильные разрядники и ОПН.

3. Выявить дефекты, которые не могут быть выявлены никакими другими методами, например, местный перегрев конструктивных элементов баков силовых трансформаторов, нагрев соединительных болтов в поддерживающих металлических конструкциях шинопроводов.

4. Переход на ремонт оборудования по состоянию, а не по сроку службы.

Таким образом, для повышения надежности работы электрооборудования возникает необходимость внедрения тепловизионных устройств, которые позволяют выявить дефекты на различной степени их развития и своевременно принять меры по их устранению.

УДК 621.315

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОДВЕСНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

В.В. КАРАЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Одной из основных причин снижения надежности электроснабжения потребителей являются отключения воздушных линий (ВЛ) вследствие пробоя подвесных изоляторов.

В настоящее время за рубежом активно при проектировании новых и ремонте действующих ВЛ внедряются полимерные изоляторы (ПИ). В России распространение ПИ ограничено в следствие малоизученности

процесса пробоя ПИ, изменения свойств в течение всего срока эксплуатации, отсутствия статистических данных по количеству находящихся в эксплуатации ПИ, частоте и причин отказов, более сложная диагностика в эксплуатации.

Были проведены исследования ПИ марки ЛК-70/35 с помощью тепловизора, позволяющего обнаружить потенциальный дефект на ранней стадии развития и ультразвукового дефектоскопа УД-8В. Выявлено, что наличие тепловой аномалии и возникновение УЗ излучения, вероятно, свидетельствует о развивающемся дефекте или повышенном загрязнении поверхности изолятора.

В настоящее время проводятся исследования процесса пробоя ПИ, изучение влияния токов утечки на электрическую прочность изолятора.

Проводимые исследования позволят:

- выявить закономерность влияния токов утечки на процесс старения изоляторов;
- изучить изменения структуры материала ПИ вследствие воздействия электрического разряда;
- дать рекомендации по эксплуатации ПИ.

УДК 621.314

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

И.А. КОСОРЛУКОВ, СамГТУ, г. Самара

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

В советский период развития электротехнической отрасли проблеме обеспечения электродинамической стойкости к токам короткого замыкания (КЗ) силовых трансформаторов уделялось гораздо большее внимание, чем в настоящий период. ГОСТ 11677-85 требовал проведения испытаний на стойкость при КЗ силовых трансформаторов всех мощностей и классов напряжения.

В проблеме электродинамических испытаний трансформаторов в современных условиях сложилась парадоксальная ситуация, заключающаяся в том, что внимание руководителей отрасли к вопросам электродинамической стойкости силовых трансформаторов ослабляется в условиях, когда происходит ежегодное увеличение примерно на 200 единиц количества трансформаторов единичной мощностью свыше 80 МВ·А, отработавших более 25 лет.

В настоящее время существует острая необходимость расширения возможностей проведения электродинамических испытаний на стенде ОАО «НИЦ ВВА», поиска альтернативного варианта сетевого стенда, аналогичного демонтированному стенду МИС в г. Тольятти, или строительства нового испытательного стенда.

При принятии такого решения необходимо учитывать следующие технические и организационные факторы:

- наличие близко расположенного источника генерации с достаточной величиной мощности КЗ ($S_{КЗ}$);
- возможность заключения соглашений между ТГК, ФСК ЕЭС и СО-ЦДУ ЕЭС о кооперации в сфере проведения испытаний на стойкость к токам КЗ;
- заинтересованность заводов-изготовителей силовых трансформаторов в проведении таких испытаний;
- наличие подходящей территории и инфраструктуры, в том числе железнодорожной ветки для перевозки трансформаторов;
- наличие квалифицированного персонала;
- достаточно близкое расположение научных центров для решения сложных технических проблем, и для оказания научно-методической помощи;
- необходимость значительных финансовых вложений.

УДК 621.311

АДАПТИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОТКЛЮЧЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЧЕБОКСАРСКОЙ ГЭС

А.Н. КОЗЛОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.А. ЩЕДРИН

Выбор генераторных выключателей на Чебоксарской ГЭС определяется возможностью отключения максимального тока короткого замыкания (КЗ) не только от системы, но и смежной пары генераторов блока. Эта особенность схемы электрических соединений ГЭС требует тщательной проверки на повышенную электродинамическую и термическую стойкости выключателей и другого оборудования (при КЗ до генераторного выключателя пары генераторов).

Наиболее приемлемыми для генераторного напряжения блоков Чебоксарской ГЭС являются элегазовые выключатели фирмы АВВ НЕС-7 и НЕС-130L, который может быть использован только при различных вариантах адаптированных отключений (АО).

Возможны два варианта специальных алгоритмов действия релейной защиты и автоматики. АО генераторных выключателей по варианту №1, предусматривает отключение генераторного выключателя соседней неповрежденной пары генераторов действием основных защит поврежденной пары генераторов.

По истечении времени задержки (50- 60 м с) происходит действие основных защит поврежденной пары на отключение собственного генераторного выключателя с продолжением гашения поля генераторов с поврежденными цепями.

По наиболее предпочтительному варианту №2 повреждение в зоне недопустимых токов ликвидируется действием основных защит поврежденной пары генераторов на мгновенное отключение выключателя смежной пары генераторов по варианту №1 и соответствующего выключателя с высокой стороны (500 или 220 кВ) блочного трансформатора.

Применение АО в цепях мощных генераторных блоков оправдано с точки зрения применения выключателей с меньшими номинальными параметрами, следовательно, и менее затратных. Алгоритмы действия РЗ и А по вариантам АО для условий Чебоксарской ГЭС, могут быть обеспечены при небольших изменениях стандартного комплекта устройств защит и автоматики.

УДК 621.3.017

РАСЧЕТ ГОДОВОГО ОТПУСКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ФИДЕР 0,4 кВ ПОДСТАНЦИИ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

А.В. КОРОТКОВ, СПбГПУ, г. Санкт-Петербург
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Я. ФРОЛОВ

Расчет нагрузочных потерь электроэнергии в городских электрических сетях 0,4 кВ проводится, как правило, в условиях неопределенности исходной информации о данных по отпуску электроэнергии в сеть. Отпуск электроэнергии в фидеры 0,4 кВ городских подстанций обычно не регистрируется, а оценка отпуска электроэнергии по результатам регистрации электропотребления без учета технических и коммерческих потерь может иметь значительную (до 50 % и более) погрешность.

Предложено определять величину отпуска электроэнергии в сеть расчетным путем. В расчетах предлагается использовать 1) результаты контрольных замеров тока на головном участке фидера, проводимых ежегодно по регламенту эксплуатации электрических сетей, 2) суточные графики нагрузок, характерных для городских электрических сетей потребителей, и 3) обобщенные данные об изменении электропотребления в течение года.

С использованием данных 1) и 2) проводится расчет среднего за неделю суточного электропотребления. По результатам расчета с использованием данных 3) проводится расчет отпуска электроэнергии в сеть за интересующий интервал времени.

Предложенная методика оценки отпуска электроэнергии по результатам контрольных замеров тока не может использоваться для коммерческих расчетов за потребление электроэнергии, однако дает неплохие результаты при определении технических потерь электроэнергии.

УДК 621.3.017

ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

А.В. КОРОТКОВ, СПбГПУ, г. Санкт-Петербург
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Я. ФРОЛОВ

При расчете норматива технологических потерь электроэнергии к точности расчетов должны предъявляться высокие требования. Очевидно, что точность расчетов во многом определяется точностью исходной информации. Наиболее сложно обеспечить точность исходной информации для расчетов нагрузочных потерь, в которые закладываются не параметры оборудования, а параметры электропотребления и режима работы сети, в частности, коэффициент формы графика нагрузки k_{ϕ} коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi$.

Предложено определять значения k_{ϕ} и $\text{tg}\varphi$ графика нагрузки питающего участка сети фидера по графикам нагрузки характерных потребителей электроэнергии городских электрических сетей, входящих в состав общей нагрузки участка сети.

В качестве характерных потребителей выбраны: потребители частного сектора одноэтажной, малоэтажной (дома без лифтов) и многоэтажной (дома с лифтами) застройки, и объекты инфраструктуры (магазины, детские и медицинские учреждения и др.).

В результате регистрации большого количества суточных графиков получены обобщенные графики нагрузки характерных потребителей. Показано, что значения показателей графиков электрической нагрузки питающего фидера могут с высокой точностью определяться как средневзвешенные по данным о значениях показателей графиков для характерных потребителей и отпуску электроэнергии этим потребителям.

УДК 621.314.212

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЗИСТИВНО-ВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА

В.Н. КОТЕЛЬНИКОВ, КГЭУ, Г. Казань

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

Силовой трансформатор является одной из важнейших составляющих энергосистемы, определяющих надежность электроснабжения.

В условиях усиления конкурентной борьбы, вызванной либерализацией рынка электроэнергии, в большинстве стран мира наблюдается сокращение вложений в обновление парка оборудования, стремление как можно дольше эксплуатировать уже работающее оборудование, поддерживая его надежность на приемлемом уровне.

Наличие в эксплуатации большого числа трансформаторов, изоляция которых ухудшена, требует четкой оценки ее состояния до вывода в капитальный ремонт. Оценка увлажненности особенно актуальна, так как в работе находится много трансформаторов, не имеющих эффективной защиты масла от увлажнения. Косвенно можно оценить увлажнение твердой изоляции по результатам измерения электрических характеристик изоляции трансформатора: значений R_{60} , R_{60}/R_{15} , $\text{tg } \varphi$ и др.

Высокой чувствительностью к наличию влаги в изоляции обладают методы, использующие анализ поляризационных (абсорбционных) явлений в ней. Эти явления проявляются при перераспределении зарядов при изменении приложенного к изоляции напряжения.

В существующих системах диагностики не учитывают характер зависимостей типа $R = f(t)$. Производят лишь измерения в двух конкретных точках, и по их соотношению делают выводы о состоянии изоляции.

Исследование проб масел с разной степенью увлажнения показало широкие возможности учета зависимостей $R = f(t)$. Анализ полученных характеристик свидетельствует о необходимости применения сплайн-интерполяции, что, возможно, позволит выделить из общего сигнала составляющие от конкретных дефектов. Разумеется, поставленная проблема требует дальнейших теоретических и практических изысканий.

УДК 621.315:621.38

СОПОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ОСЦИЛЛОГРАММ ТОКА ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ

И.Л. КУЗЬМИН, КГЭУ, г. Казань

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

Воздушные линии электропередач (ЛЭП) – наименее надежные элементы энергосистемы, повреждение которых влияет на технико-экономические показатели электроснабжения потребителей. Поэтому определение места повреждения на ЛЭП является одной из важнейших задач электроэнергетики. Решение этой задачи для распределительных сетей (6–10 кВ), имеющих древовидную структуру, осложняется наличием аварийной информации лишь в начале сети.

Был разработан микроконтроллерный датчик, регистрирующий осциллограмму тока, который монтируется на фазном проводе ЛЭП с помощью трансформатора тока с разъемным магнитопроводом. Датчик получает электрическую энергию от трансформатора тока и временно аккумулирует её в ионисторе.

С целью анализа длительности кратковременного скачка тока на зарегистрированных датчиком осциллограммах однофазного замыкания на землю (ОЗЗ), которая составляла 2 мс, была составлена упрощенная схема замещения контура протекания аварийного тока. Схема состоит из источника ЭДС, последовательно соединенных емкости и индуктивности, активного сопротивления с ключевым элементом, которые имитировали дуговое замыкание. Зависимость тока, протекающего через дугу в момент переходного процесса, определяется аналитическим решением.

Длительность скачка тока согласно аналитическому решению изменяется от 0,02 мс до 2,1 мс. Также ОЗЗ имитировалось на аппаратной модели ЛЭП с сосредоточенными емкостью и индуктивностью. Длительность скачка тока составила 0,2 мс.

Таким образом, мы наблюдаем соответствие по порядку величин между параметрами, наблюдаемыми в эксперименте, и в полученных модельных расчетах. Целью дальнейших исследований является усовершенствование модели ОЗЗ для её более полного соответствия экспериментальным результатам.

УДК 621.311.1.018

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

М.П. КУЛАКОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. П.А. КУЛАКОВ

Отказ элементов электрической цепи приводит к недоотпуску электрической энергии. В соответствии с постановлением Правительства РФ (№ 861 от 27.12.2004) показатели надежности должны указываться в договорах электроснабжения. Достижение необходимого уровня показателей надежности требует вложения соответствующих средств.

Оптимальное значение показателей надежности, т.е. достижение условий, когда эквивалентное значение вероятности нахождения в рабочем состоянии всей передачи имеет максимальное значение, зависит как от общей суммы затрат, так и от распределения затрат по элементам. Это распределение следует проводить по правилу, которое может быть названо модифицированным правилом равенства относительных приростов: для всех элементов должны быть равны производные показателей надежности по вложенным затратам и деленные на этот показатель.

Для последовательного соединения элементов это правило относится к вероятности нахождения в рабочем состоянии, а для параллельного соединения модифицированное правило равенства относительных приростов должно выполняться для вероятности нахождения в аварийном состоянии.

УДК 621.314

РЕКЛОУЗЕР – НОВЫЙ УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ВЛ 6 (10) КВ

Н.А. БЕЛОУСОВА, А.Н. ЛИТВИНОВА, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Г.Н. СИНИЦИНА

Исторически сложилось так, что телемеханизация распределительных сетей не была приоритетной задачей, как, например, системообразующих сетей. Это привело к тому, что в век всеобщей информатизации в сетях 6 (10) кВ о повреждении в линии узнают по звонку потребителя, а все оперативные переключения сопряжены с выездом на место.

Учитывая накопленный опыт, требования эксплуатационного персонала и современные тенденции в развитии SCADA и АИИС КУЭ, разработана система телемеханики распределительных электрических сетей (РЭС). Теперь возможна комплексная автоматизация РЭС – повышение надежности электроснабжения, снижение издержек и потерь с помощью реклоузеров РВА/TEL.

Реклоузер – специальный аппарат, объединяющий в себе вакуумный выключатель и микропроцессорную релейную защиту с противоаварийной автоматикой. Устанавливается на опоре для защиты воздушных линий электропередачи. Данные с реклоузера передаются на пульт диспетчера, что помогает вести поиск места повреждения на воздушной линии автоматически.

В связи с вышеперечисленными достоинствами реклоузера, в 2010 году в городе Орске запланирована установка четырех реклоузеров на линии напряжением 10 кВ в наиболее проблемных местах. Это позволит сократить длительность отключения потребителей с 70 часов в год до 10, облегчит и ускорит работу оперативно-выездной бригады (что является положительным фактором, учитывая протяжённость линии в 23 км, её разветвлённость и подходящий к концу плановый срок эксплуатации), значительно снизит затраты на ГСМ.

Кроме того применение реклоузеров РВА/TEL позволит: снизить недоотпуск электроэнергии; реализовать современные принципы автоматизации и управления распределительными сетями.

УДК 314.212:620.111.3

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

С.Е. МОСТОВОЙ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. КАРАНДАЕВ

Внедрение современных систем диагностирования технического состояния силового маслонаполненного электрооборудования является важнейшим фактором обеспечения энергетической безопасности предприятия, т.к. переход на раздельную работу собственных электростанций и энергосистемы, являющийся следствием аварийных отключений, может привести к непредсказуемым последствиям.

Одним из наиболее интенсивно развивающихся методов диагностирования технического состояния силовых трансформаторов является метод локации и измерения уровня частичных разрядов (ЧР). Проблема образования и развития ЧР в изоляции маслонаполненного оборудования высокого и сверхвысокого напряжений представляет большой практический интерес для персонала, эксплуатирующего оборудование. В связи с этим в настоящее время на силовых трансформаторах 110 кВ центральной электростанции (ЦЭС) ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» проводятся исследования, основными техническими задачами которых являются:

- оценка технического состояния маслонаполненного оборудования на основе мониторинга частичных разрядов;
- промышленное внедрение измерительного диагностического комплекса анализа ЧР и локации зоны дефектов в изоляции трансформаторов 110 кВ;
- экспериментальные исследования разработанных методов диагностирования и программного обеспечения на действующем оборудовании ЦЭС.

Выполнен анализ повреждаемости силовых трансформаторов, разработаны алгоритм и программное обеспечение, реализующие методику идентификации неисправностей на основе сбора и статистической обработки информации.

Обоснован выбор характеристик надежности электрооборудования энергоблоков (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и др.).

Получены основные расчетные соотношения для определения единичных показателей надежности. Разработаны алгоритмы и оригинальное программное обеспечение для расчета остаточного ресурса электрооборудования на основе статистических методов анализа в условиях ограниченного количества данных об отказах.

УДК 621.314.212

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ДЕЛЕ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.Р. МУЛЛАХМЕТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Оценка фактического состояния силового электрооборудования по результатам диагностических измерений является на сегодняшний день очень сложной и актуальной задачей. Большая часть электрического оборудования станций, подстанций системы генерации, передачи и распределения электроэнергии выработала свой ресурс, но продолжает эксплуатироваться, так как требуются большие финансовые средства на его замену. Соответственно с каждым годом возрастают затраты на проведение комплексных обследований и диагностики. Требуются все более совершенные системы диагностики, которые позволяют не только с высокой точностью судить о множестве параметров исследуемого оборудования, но и требуют для этого минимальных финансовых затрат.

В существующих системах диагностики не учитывают характер зависимостей типа $P = f(t)$, где P – исследуемый параметр. Временные характеристики отражают физико-химическое состояние изоляционных материалов. Исследования схемы замещения Максвелла показали, что чувствительность определения наличия неоднородности (в том числе включений влаги) растет с увеличением времени, в течение которого анализируются абсорбционные процессы. На основании этого мною предлагается использовать для определения качества изоляционных материалов токово-временные характеристики изоляции.

В ходе ряда измерений, произведенных с помощью тестера Megger BM25, было установлено, что временные характеристики изоляции могут быть использованы для определения состояния исследуемого оборудования. На временной кривой можно выделить как минимум три участка, отвечающие за конкретные составляющие изоляции.

В дальнейшем планируются из общего сигнала выделить также составляющие от бумажной и масляной частей изоляции, что позволит создать принципиально новую систему комплексной диагностики маслонаполненного трансформаторного оборудования.

УДК 621.311

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 0,4 кВ

Т.А. МУСАЕВ, Р.Р. МУРАДИМОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.М. ВАЛЕЕВ

Качество электроэнергии – это совокупность свойств электроэнергии, определяющих воздействие на электрооборудование, приборы и аппараты, оцениваемое показателями качества электроэнергии, численно характеризующими уровень электромагнитных помех.

Электроэнергия как физическое понятие – это способность электромагнитного поля совершать работу под действием приложенного напряжения.

Электроэнергия как товар должна соответствовать определенному качеству, требованиям рынка и отличаться от других видов энергии особыми потребительскими свойствами: совпадение во времени процессов производства, транспортировки и потребления.

ГОСТ 13109 – 97 устанавливает 11 видов показателей качества электроэнергии.

Алгоритм измерения показателей качества устанавливается ГОСТ 13109 -97, основное требование – непрерывность измерения.

Для определения соответствия показателей требованиям ГОСТ проводят их измерения и обработку. Для всех показателей минимальный расчетный период составляет 24 часа.

Измерение производится прибором РМ – 175. Прибор позволяет измерять 89 показателей качества электроэнергии (включая 11 регламентированных ГОСТ).

Причины несинусоидальности, несимметрии, колебания напряжения зависят от вида электроприемника.

Ухудшение качества электроэнергии может привести к нарушению электромагнитной совместимости и к отрицательным последствиям или ущербу для отдельных видов электроприемников.

Цель работы – оценка влияния реактивной нагрузки на показатели качества энергии и разработка мер по уменьшению этого влияния.

УДК 621.316.9

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ВЕНТИЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА РЕЖИМ РАБОТЫ СЕТИ

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

Проблема взаимодействия вентильных преобразователей (ВП) – существенно нелинейных систем – с источниками питания остается актуальной из-за расширяющегося применения ВП и отсутствия общеприемлемого решения. Здесь можно выделить два основных аспекта.

Во-первых, обратное влияние одиночного ВП на источник питания, которое особенно значимо в автономных системах электроснабжения и многокаскадных схемах преобразователей. Во-вторых, взаимодействие в явном виде, т.е. обратное влияние нескольких вентильных преобразователей на питающую сеть (источник питания) в точке общего подключения (ТОП), в которой энергоснабжающая организация контролирует качество электрической энергии. В этом случае необходимо определять парциальные вклады каждого из потребителей и вклад снабжающей электрической системы в общее искажение кривой напряжения в ТОП.

В условиях формирования рыночных отношений между поставщиками электроэнергии и ее потребителями актуальной становится задача разработки математически строгих методов расчета высших гармоник в электрических сетях системах электроснабжения, как для решения задач энергосбережения, так и в связи с разграничением ответственности между электроснабжающей организацией и потребителями за обеспечение требуемых показателей качества электроснабжения.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- моделирование в среде «MathWork Matlab» несинусоидальных нагрузок.
- идентификация источника высших гармоник.
- расчет потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях при наличии источника высших гармоник.

УДК 621.316.9

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕТОКАМИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4–110 кВ

Б.А. НАУМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Потребители электрической энергии перестали участвовать в поддержании коэффициента мощности и компенсации реактивной мощности на шинах нагрузок. Это привело к возрастанию потоков реактивной мощности в линиях электропередачи и значительному росту потерь электроэнергии в электрических сетях, возникновению дефицита реактивной мощности в узлах нагрузки и, как следствие, снижению напряжения на шинах подстанций распределительных электрических сетей, увеличению до предельно допустимых значений токов полной нагрузки линий электропередачи и трансформаторных подстанций и ограничению их пропускной способности по активной мощности из-за необоснованной их загрузки реактивной мощностью.

Указанные выше обстоятельства являются одной из причин сдерживания присоединений к действующим системам электроснабжения новых потребителей и препятствуют увеличению присоединенной мощности потребителей, расширяющих производство и наращивающих производственные мощности из-за увеличения загрузки линий электропередачи и трансформаторных подстанций потоками реактивной мощности, поставляемой потребителям от генераторов электростанций.

Как решение данной проблемы в основном рассматривают компенсацию реактивной мощности непосредственно у потребителей. Но наиболее эффективным направлением, на наш взгляд, является – управление перетоками реактивной мощности. Для этого необходимо:

1. Разработать организационно-технические мероприятия в области управления перетоками реактивной мощности.

2. Создать автоматизированную систему учёта реактивной электроэнергии (мощности) – «АСУРЭ» с использованием существующих в АСКУЭ многоцелевых интеллектуальных счетчиков. (ЦЭ-6850М и других).

3. Рассмотреть возможность применения систем FACTS в комплексе с ИРМ непосредственно у потребителя электроэнергии.

УДК 621.316.9

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗИСТИВНЫХ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 110–220 кВ

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

С электроснабжением современных промышленных предприятий, имеющих электроприемники первой категории и непрерывные технологические процессы, связана одна общая проблема. Суть ее в том, что для таких предприятий перерыв питания на несколько секунд или даже на десятые доли секунды ведет к нарушению непрерывного технологического процесса, браку продукции, повреждения оборудования, может возникнуть угроза для окружающей среды, жизни людей и пр.

При возникновении КЗ вблизи одного источника питания, напряжение на нем снижается до нуля. На остальных источниках питания, так или иначе связанных с ним, также будет снижение напряжения. В большинстве случаев, оно снизится до значений, меньше допускаемых для аварийного ($0,7U_{ном}$) и послеаварийного ($0,9U_{ном}$) режимов. В частности, при малых расстояниях между электростанцией (ЭС), системообразующей подстанцией (СОП) и потребителем наблюдается их шунтирование энергосистемой со стороны питания. Решить проблему поможет установка групп токоограничивающих устройств (ТОУ) в цепях секционных выключателей СОП и ЭС. В настоящее время созданы промышленные образцы высокотемпературных сверхпроводниковых ТОУ резистивного типа, применение которых позволит избежать введения в систему дополнительного сопротивления в нормальном режиме (дополнительных потерь напряжения) и добавить значительное сопротивление в аварийном. Вследствие чего, можно снизить ток КЗ и предотвратить замену высоковольтных выключателей на более мощные.

Выбор сочетания параметров, мест установки и типов ТОУ следует производить исходя из критерия обеспечения заданного уровня остаточного напряжения у потребителей при КЗ в питающей сети.

Для решения поставленной задачи необходимо определение оптимального соотношения параметров ТОУ резистивного типа, а также сочетания ТОУ резистивного и индуктивного типов, установленных в цепях секционных выключателей СОП и ЭС при КЗ на шинах СОП.

УДК 621.3

СУТОЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАГРУЗКАМИ В УСЛОВИЯХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ПЛАТЫ ЗА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ И МОЩНОСТЬ

Э.Р. НУРИЕВА, АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ф. ЯРЫШ

Вопросы выравнивания графиков электрических нагрузок в энергосистемах всегда занимали одно из важнейших мест в научных исследованиях и практике работы специалистов. Если обратимся к конкретным примерам по ситуации в настоящее время в энергосистеме АО «Татэнерго», то по данным, при намечаемом к 2010 году росте электропотребления до 27–31 млрд.кВтч установленная мощность электростанций снизится с 7003 до 6235МВт. В результате этого при условии самообеспечения число часов использования максимума нагрузки вырастает с 5852 до 6800 часов. По этой причине неизбежно потребуются более глубокое выравнивание графиков нагрузок энергосистемы на суточных интервалах, так как время использования Максимум и суммарного электропотребления. Если графики нагрузок не выравнивать, то к 2010 году ожидаемая максимальная мощность нагрузок будет на 400–800 МВт больше (по различным вариантам перспективной схемы энергосистемы).

Таким образом, для реализации перспективной схемы развития энергосистемы необходима разработка действенных методов управления нагрузками, среди которых преобладают косвенные (с помощью тарифов) и прямые (непосредственным регулирование). И тот и другой методы успешно реализуются в случае, если управление осуществляется самими потребителями.

ОАО «Татнефть», как один из основных потребителей электроэнергии в АО «Татэнерго», учитывая важность сложившейся ситуации с энергообеспечением на перспективу, приняло ряд организационно-технических мер по созданию системы учета коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) с реализованными в ней функциями управления.

Актуальностью темы является то, что этот метод расчета за электроэнергию позволил существенно снизить энергетические затраты.

УДК 621.313

КОНТРОЛЬ ОБРЫВА СТЕРЖНЕЙ ОБМОТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ПУСКА

Е.М. НОВОСЕЛОВ, Н.В. ГЛОТОВА, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук.: д-р техн. наук, проф. А.Н. НАЗАРЫЧЕВ;

канд. техн. наук, доц. А.А. СКОРОБОГАТОВ

Как показывает практика, у асинхронных электродвигателей, которые эксплуатируются с тяжелыми условиями пуска, часто бывают отказы, вызванные повреждением обмотки ротора. На начальной стадии обрыв стержней ротора не значительно сказывается на эксплуатационных характеристиках электродвигателя и может быть обнаружен не сразу, поэтому актуальной задачей является своевременное выявление данного типа повреждения.

Известно, что чем больший ток протекает по обмотке ротора, тем ярче проявляются диагностические признаки обрыва стержней. При эксплуатации электродвигателя наибольший ток в обмотке ротора протекает во время пуска, поэтому для определения обрывов стержней целесообразнее всего использовать этот режим.

Для подтверждения этого предположения был проведен ряд экспериментов, на ненагруженном асинхронном двигателе мощностью 250 Вт. Для измерения магнитного поля в воздушном зазоре двигателя, на зубце статора был установлен индуктивный датчик. На рис. 1 показан график изменения ЭДС в датчике при исправной обмотке ротора, на рис. 2 при обрыве одного стержня.

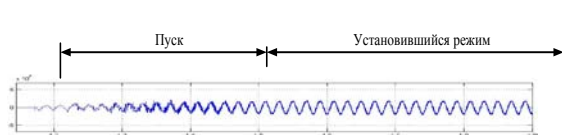


Рис. 1. ЭДС датчика в случае исправной обмотки ротора

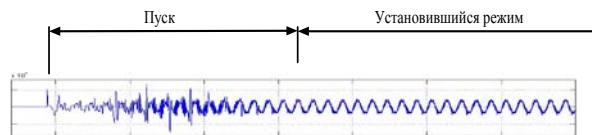


Рис. 2. ЭДС датчика при обрыве одного стержня обмотки ротора

Как видно из рис. 2, в случае обрыва одного стержня обмотки ротора, во время пуска двигателя в датчике наблюдаются значительные пульсации ЭДС, которые исчезают при переходе двигателя в установившейся режим.

Таким образом, пуск двигателя является, своего рода, тестовым режимом, во время которого признаки обрыва стержней проявляются даже у низковольтных и маломощных электродвигателей работающих на холостом ходу. Поэтому можно сделать вывод, что диагностику обрывов стержней обмотки ротора целесообразно проводить во время пуска двигателя.

УДК 621.3

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

А.В. ПАВЛОВ, А.Н. РОЩУПКИНА, АГНИ, г. Альметьевск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ф. ЯРЫШ

Каждая электроустановка, предназначенная для генерации, передачи или распределения электроэнергии, имеет изоляцию, соответствующую ее номинальному напряжению. Рабочее напряжение, приложенное к установке, может отличаться от номинального, однако надежная работа электроустановки обеспечивается только в том случае, если оно не выходит за пределы значений наибольших рабочих напряжений.

Превышение напряжения сверх наибольшего рабочего называется перенапряжением. Перенапряжения подразделяются на внутренние и внешние (грозовые).

Причиной грозовых перенапряжений являются удары молнии в электроустановку или вблизи неё (индуктированные перенапряжения). Поскольку значения токов молнии подвержены статическим разбросам, то и грозовые перенапряжения являются статической величиной.

Длительные рабочие напряжения, грозовые и внутренние перенапряжения воздействуют на изоляцию электроустановок. Необходимо обеспечить рабочую изоляции при таких воздействиях в течении всего срока службы электроустановки.

Защита от перенапряжения выполняется в соответствии с требованиями ПУЭ и включает в себя:

- защита от прямых ударов молнии воздушных линий электропередачи станций и подстанций с помощью молниеотводов;

- защита электрооборудования станций и подстанций от импульсных грозовых перенапряжений, набегающих с линий, с помощью защитных аппаратов;

- защита от внутренних перенапряжений с помощью защитных аппаратов, резисторов, встроенных в выключатели.

Выбор системы защиты от перенапряжений требует выполнения технико-экономического обоснования, и включают в себя учет статических характеристик перенапряжений и возможного ущерба, вследствие повреждения изоляции установок и недоотпуска электроэнергии, вызванных перенапряжениями.

В последнее время разработаны и успешно эксплуатируются схемы и устройства для защиты от перенапряжений, отличающиеся от регламентированных существующих большей эффективностью, лучшими техническими характеристиками и результатами, а также высокой надежностью.

Понятие грозозащиты не может быть сведено до уровня какого-то отдельного устройства, а являет собой сложный комплекс технических мероприятий. Реализация защитных мероприятий должна выполняться подготовленными специалистами.

УДК 621.332

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

А.С. ПЕКАРСКИЙ, ЮУрГУ, г. Златоуст
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Электроэнергетика является базовой отраслью, бесперебойная работа которой является основой поступательного развития экономики РФ. Сегодня электроэнергетика России представляет собой множество рассредоточенных на огромной территории структур, объединенных технологическим единством процесса производства, передачи и потребления электроэнергии. В отрасли взаимодействуют Федеральная Сетевая Компания, холдинг Межрегиональных Распределительных Сетевых Компаний, Оптовые Генерирующие Компании, Территориальные Генерирующие Компании и потребители электроэнергии.

Износ основных фондов электросетевого хозяйства и потребителей, по данным генеральной схемы размещения новых объектов электроэнергетики до 2020, в настоящее время составляет в среднем 40,5 процента, в том числе оборудования подстанций – 63,4 процента.

Решить сложившуюся проблему в период развития электроэнергетики следует введением распределительных и генерирующих мощностей нового поколения, для чего необходимо повышать организацию и развивать технологию электромонтажных производств.

Повышение качества организации электромонтажных работ связано с структурной перестройкой, субъекты электромонтажных работ объединяются в Саморегулируемые организации, реализуется техническое регулирование в строительстве электросетевых объектов, внедряются системы менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001-2008, системы менеджмента охраны труда и производственной безопасности по международному стандарту OHSAS 18001-2007 – ГОСТ 12.0.230-2007 и системы экологического менеджмента ГОСТ Р ИСО 14001-2007.

Совершенствование электромонтажных технологий связываются с развитием новых принципов коммуникаций информации, логистики, моделирования процессов электромонтажных работ, с учетом мероприятий по промышленной безопасности и предотвращению чрезвычайных ситуаций.

УДК 621.316.1

ОЦЕНКА ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ С МНОГОРЕАКТОРНОЙ СХЕМОЙ КОМПЕНСАЦИИ

А.Е. РОДИОНОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова,
А.В. АГЕЛЬСКИЙ, ООО «НПП Бреслер», г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.И. ПЕТРОВ

Кабельные электрические сети 6–10 кВ имеют сложную конфигурацию, большую длину, и, как следствие, значительные токи замыкания на землю. Изменение конфигурации сети приводит к перераспределению емкостных токов по секциям шин. Выбор дугогасящих реакторов (ДГР) производят по расчетным значениям емкостных проводимостей фаз сети на землю отходящих ответвлений секции с некоторым запасом по мощности на перспективу увеличения токов

замыкания с прогнозируемым ростом нагрузки. Изменение емкостных токов требует регулирования индуктивного тока в пределах возможного, ограниченного максимальными значениями установленных в сети данной конфигурации реакторов. При выходе значений емкостных токов за пределы возможностей ДГР необходимо изменение схемы компенсации в сети, которая, в силу специфики их подключения, должна быть проведена с учетом параметров присоединительных трансформаторов.

Оптимальная настройка контура сводится к поддержанию резонанса с установленным в нейтрали хотя бы одного плавнорегулируемого из группы ДГР, или, при отсутствии такого, нахождения наиболее близкого к этому режиму ступеней катушек при наличии только реакторов с ручным управлением. Для этой цели в память микропроцессорного терминала вводятся паспортные данные ДГР и присоединительных трансформаторов, данные токов установленных ступеней катушек.

При выходе расстроек за пределы допустимых находятся значения индуктивных токов реакторов секций, необходимых для снижения раскомпенсаций до допустимых величин. При невозможности достижения режима оптимальной настройки контура имеющимися в секциях ДГР, выдается сигнал о необходимости переключений в цепях компенсации емкостных токов.

УДК 621.316.1

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

А.Е. РОДИОНОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова,
А.Н. ПЕТРОВ, ООО «НПП Бреслер», г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.И. ПЕТРОВ

Проблема надежного электроснабжения потребителей, всегда была актуальной.

В распределительных сетях 6–35 кВ однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) являются преобладающим видом повреждений, достигающие до 90 % общего числа электрических повреждений и часто являются причиной аварий, отключению потребителей, приводящие в конечном итоге к экономическому ущербу.

Общепризнанным средством по борьбе с последствиями ОЗЗ являются дугогасящие реакторы, при правильной настройке позволяющие ликвидировать большинство замыканий на землю еще на стадии развития. Правильность настройки обеспечивают приборы автоматической настройки ДГР.

Принимаемые меры по симметрированию сети и снижению добротности контура нулевой последовательности (КНП) вынуждают производителей регуляторов настройки ДГР перейти на новые способы определения параметров контура и настройки катушек на оптимальный режим компенсации емкостных токов, позволяющих работать при любых изменениях конфигурации сети, включая объединения секций и неполнофазный режим работы.

Следуя данным тенденциям в ООО «НПП Бреслер» разработан и внедрен новый алгоритм управления ДГР, отвечающий всем требованиям.

Алгоритм основывается на получении знака и величины расстройки при импульсном воздействии в КНП посредством сигнальной обмотки ДГР. Источником служит фазное напряжение 220 В сети собственных нужд подстанции.

Достоинство данного способа управления ДГР, заключается в том что расстройка главный критерий КНП, определяется только его параметрами L , C , и R и не зависит от конфигурации сети, небаланса фазных напряжений и утечек изоляции, что позволяет вести настройку ДГР при любой величине напряжения смещения нейтрали, динамики изменения во времени.

УДК 621.315.23:621.315.23

ВЛИЯНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ 6–10 кВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.В. РЫЖКИН, КГЭУ, г. Казань

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

Основным элементом системы электроснабжения 6–10 кВ промышленных предприятий являются распределительные подстанции. В настоящее время происходит их широкая модернизация, в первую очередь, за счет замены масляных выключателей на вакуумные выключатели. Повсеместное внедрение вакуумных выключателей привело к тому, что участились случаи пробоев изоляции трансформаторов собственных нужд, измерительных трансформаторов напряжения, а также наблюдаются пробои опорных изоляторов и перекрытия вводов выключателей.

Выход из строя электрооборудования подстанций, как правило, приводит к отключению электропотребителей, то есть к простоям технологического оборудования, к недоставке продукции и как

следствие, к экономическому ущербу. Очевидно, что широкое внедрение вакуумно-коммутационной аппаратуры обострило проблему, связанную с коммутационными перенапряжениями, возникающими в узлах нагрузок. Следовательно, ограничение коммутационных перенапряжений является актуальной задачей. Решение данной задачи позволит повысить эффективность системы электроснабжения промышленных предприятий, что приведет к снижению времени простоя технологического оборудования, связанного с перерывами в электроснабжении, то есть к определенному экономическому эффекту.

Таким образом, необходима разработка методов и средств эффективного ограничения, коммутационных перенапряжений систем электроснабжения промышленных предприятий 6–10 кВ. Для достижения поставленной цели решить следующие задачи:

1. Анализ аварийности электрооборудования распределительных подстанций, связанной с возникновением коммутационного перенапряжения.

2. Определение наиболее опасных режимов эксплуатации распределительных устройств, которые приводят к возникновению высоких уровней коммутационных перенапряжений.

УДК 621.316

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Р.М. САЛИХОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Р. ХУСНУТДИНОВ

В настоящее время энергетика «переживает» довольно трудные времена. Продолжается эксплуатация основного силового оборудования, значительная часть которого выработала свой ресурс, поэтому основной задачей диагностики является не только предотвращение аварий, но и оценка качества состояния изоляции.

Известны методы, позволяющие полно оценивать качество изоляции различных элементов электрических систем. Качественная оценка состояния изоляции осуществляется благодаря дополнительному контролю ее емкости при подаче постоянного напряжения или напряжения различной частоты. Оценивание технического состояния обмотки электрической машины может выполняться по переходному процессу, возникающему при подаче тестового сигнала на один из зажимов обмотки и корпус.

В системе собственных нужд электрических станций целесообразно указанный метод применить не отдельно для кабеля и двигателя, а одновременно для всего электрического присоединения, включающего кабель и питаемый объект (двигатель, трансформатор).

Предложенный метод основан на том, что к одной из фаз отключенного присоединения кратковременно подаётся постоянное напряжение по отношению к земле. В результате этого емкости всех фаз присоединения заряжаются до величины источника напряжения. После отключения источника начинается процесс саморазряда емкостей присоединения. Параметры переходного процесса в основном определяются параметрами изоляции и ее состоянием. Если комплексные проводимости изоляции фаз присоединения практически равны между собой, то саморазряд по всем фазам будет идти примерно одинаково. При этом основным критерием качества изоляции является величина постоянной времени саморазряд.

Если в одной из фаз присоединения возник дефект изоляции, сопровождающийся изменениями комплексной проводимости (старение, увлажнение, загрязнение и т.д.), то саморазряд емкостей по разным фазам будет идти с разной постоянной времени. При этом возникает междуфазное напряжение, которое дополнительно используется для оценки качества изоляции.

УДК 621.315

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ АСКУЭ

Л.С. САУШИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Начиная с 2005 г., после аварии в электрических сетях г. Москва, связанную с большим уровнем реактивной мощности, Правительство РФ начало планомерную работу по компенсации реактивной мощности. Были принят ряд постановлений, обзывающих потребителя и сетевые организации заниматься вопросами компенсации. Вновь подключаемые к сетям потребители в проектах обязаны предусмотреть установку компенсирующих устройств (КУ). Контроль за соблюдением соотношения реактивной и активной мощности должны осуществлять по приборам учета, установленным на границе балансовой принадлежности.

Компенсацию реактивной мощности должен осуществлять потребитель электроэнергии. Существует ряд потребителей имеющих учет электроэнергии на территории сетевой организации. Такие потребители не могут оперативно контролировать коэффициент реактивной мощности (КРМ) и соответственно его регулировать.

В сентябре 2008 г. на ПС «Аэропорт» в яч. №5 КРУ-10кВ ЗАО «Логистика» в качестве опробования в параллель с существующим учетом электроэнергии был установлен прибор определения качества электроэнергии Ресурс UF2. Имеющиеся в данной ячейке счетчик электроэнергии Меркурий 230 ART2-00 PQRSIDN и прибор Ресурс UF2 позволили проанализировать ситуацию, произошедшую на данной подстанции 10.09.08 г. Абонент ЗАО «Логистика», не предупредив персонал Приволжских электрических сетей, начал операции по переключениям своих компенсирующих устройств. Компенсирующие устройства были переведены в ручной режим и полностью все введены в работу. В результате сильнейшей перекомпенсации реактивной мощности (тангенс достигал значения 4) на шинах подстанции 10 кВ резко повысился уровень напряжения, и был перегружен силовой трансформатор (102 %) в течение почти 5 часов. Затем по команде диспетчера Пригородного РЭС данный абонент перевел режим работы своих компенсирующих устройств в автоматический режим (тангенс на границе баланса снизился до уровня 0,5). Данная ситуация поставила под угрозу аварии сетевое оборудование ПЭС.

Вывод из ситуации – компенсация реактивной мощности требует жесткого контроля со стороны сетевых организаций. Все потребители, имеющие на своем балансе компенсирующие устройства обязаны участвовать в регулировании реактивной энергии на определенных договорных условиях и нести ответственность. Регулировка реактивной мощности должна выполняться оперативно в автоматическом режиме.

Возникает вопрос: А как потребителю осуществлять регулирование КРМ, когда граница баланса удалена на территорию сетевой организации?

Предложение №1. Контроллер компенсирующего устройства, установленного у потребителя, должен анализировать КРМ не в точке подключения КУ, а на границе балансовой принадлежности (в сетевой организации). В сетевой организации имеется развернутая автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). КРМ в такой системе контролируется с периодичностью 30 минут. Этих данных вполне достаточно для автоматической регулировки КРМ.

Данные АСКУЭ должны попадать в контроллер КУ для анализа по каналам связи. Таким каналом может стать страница доступа к данным АСКУЭ в Internet. Из Интернета в контроллер информация должна поступать по внутренним локальным вычислительным сетям потребителя через преобразователи интерфейсов. Сам контроллер КУ должен иметь встроенное программное обеспечение, позволяющее производить управление КУ по данным АСКУЭ.

Предложение №2. В качестве исходных данных по регулированию КРМ может быть использована база данных телемеханики (программный комплекс – ОИК Диспетчер). Данный способ более оперативен.

УДК 621.311

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИГОРОДНОГО РАЙОНА И ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

М.В. САПАРИН, КГЭУ, г. Казань

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

Выбор сечений проводников является оптимизационной задачей, решение которой зависит как собственно от технических параметров объекта оптимизации, так и от методики оценки экономической эффективности. Для сетевых компаний должны быть выработаны соответствующие методики, потому что завышение сечения проводника влечет за собой понижение потерь передаваемой мощности, но, с другой стороны, увеличивает капитальные вложения в сооружение воздушных и кабельных линий. Воздушные линии являются основными элементами электроэнергетической системы, особенно существенно количество распределительных сетей 6–10 кВ, доводящих электроэнергию непосредственно до распределительных трансформаторных подстанций (ТП) предприятий и ТП жилищного комплекса.

В настоящей работе применительно к РЭС Пригородного района необходимо выполнить нижеследующие разработки:

1. Выбор сечений проводников воздушных линий электропередачи по экономическим показателям в современных условиях требует применения методов расчета с использованием показателей рентабельности электропередачи, внутренней нормы окупаемости.

2. Нормирование потерь электроэнергии в системах промышленного электроснабжения номинального напряжения 6–10 кВ в существующих разработках требует в качестве исходной для расчетов информации.

Как показывают расчеты, основной эффект в снижении технических потерь электроэнергии может быть получен за счет технического перевооружения, реконструкции, повышения пропускной способности.

УДК 621.3.027

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ПОДСТАНЦИЯХ

Э.М. СИБГАТУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.М. ВАЛЕЕВ

Как известно из публикаций в открытой печати, при эксплуатации электроэнергетических установок, в пространстве вокруг токоведущих частей действующих электроустановок возникает электромагнитное поле, влияющее на биологические объекты. Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, длительности его воздействия. Интенсивные электромагнитные поля вызывают у людей нарушение функционального состояния центральной нервной системы, сердечнососудистой системы и периферической крови. При этом наблюдается повышенная утомляемость, вялость, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце, головные боли.

В связи с этим появилась необходимость оценки уровней напряженности электромагнитных полей промышленной частоты.

На подстанции «Новокремлевская» г. Казани была проведена оценка уровней напряженностей электромагнитных полей (табл.), измерителем напряженности электрического поля промышленной частоты ПЗ-50.

Таблица

Распределение напряженности электрического поля ВЛ между опорами

E , кВ/м	0,15	0,176	0,19	0,51	0,98	1,05	1,31	0,6	0,25	0,19	0,12
L , м	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

Как показывают исследования, в различных точках пространства вблизи электроустановок напряженность электрического поля имеет разные значения и зависит от ряда факторов:

- номинального напряжения;
- расстояния (по высоте и горизонтали) рассматриваемой точки от токоведущих частей и погодных условий.

В ходе исследований выявилось, что наибольшая напряженность наблюдается в месте максимального провисания проводов и высоковольтных трансформаторов и выключателей.

Данные были обработаны с помощью нормативных документов ГОСТ 12.1.002-84 и СанПиН 2.2.4.723-98.

УДК 621.311.4

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Т.Ю. СИЗОВ, А.В. ДВОРЦОВ, Р.М. АСТАШКИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ш. БИКБОВ

Сжатие газа, транспортируемого по магистральным газопроводам, осуществляется на компрессорных станциях (КС). На газотурбинных КС для привода компрессора используется газовая турбина.

Основная особенность электроснабжения заключается в том, что режим работы КС характеризуется стабильностью и непрерывностью технологического процесса, определяемого режимом работы газопровода в целом, а это требует безотказности и ремонтпригодности электрической схемы.

В качестве рабочих источников питания используются: энергосистема; электростанции собственных нужд (ЭСН); генераторы на валу газоперекачивающих агрегатов (ГПА).

С учетом особенностей электропотребителей и систем электроснабжения схемы последних должны удовлетворять ряду требований:

1. Система электроснабжения КС должна состоять не менее чем из двух подсистем с вводами от независимых источников питания. Каждая из подсистем должна обеспечивать полную нагрузку, а также самозапуск двигателей ответственных механизмов.

2. Основными источниками питания КС, как правило, являются ЛЭП от подстанций энергосистем. При наличии только одной собственной электростанции роль независимых источников выполняют разные секции сборных шин.

При наличии ЭСН и связи с системой сборные шины генераторов являются одним источником питания, шины питающихся от системы – другим.

3. Для газотурбинных КС необходимо предусмотреть установку аварийного источника с автоматическим отключением неответственных потребителей с помощью устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и защиты минимального напряжения, а также автоматическим запуском и включением для питания особо ответственных потребителей.

4. В схему должны быть включены АВР со стороны высокого и низкого напряжений. При наличии собственной электростанции необходимо предусмотреть автоматическую быструю разгрузку (АБР), АЧР и защиту минимального напряжения на стороне 6,3 и 0,4 кВ – для отключения неответственной нагрузки при выходе из строя одного из параллельно работающих агрегатов или при аварийном снижении их мощности.

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ ПОЛНОТЫ И ДОСТОВЕРНОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Д.В. МАЛАНОВ, И.В. СТРЕЛКОВ, АМГУ, г. Благовещенск
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Н.В. САВИНА

Распределительные сети характеризуются низкой наблюдаемостью. В то же время неточность задания исходной информации ведет к погрешности определения технических потерь, что в итоге влияет на уровень коммерческих потерь. В связи с этим необходимо выявить, как влияет низкая наблюдаемость сети на достоверность определения потерь электроэнергии.

С этой целью была произведена серия верификационных расчетов режима в распределительных сетях напряжением 35–110 кВ Приморского края при разных точности и способах задания нагрузки в узлах: при задании нагрузки током; активной и реактивной мощностью, что

позволило проанализировать влияние степени неполноты исходной информации и способа задания нагрузки на погрешность определения потерь. Сенсорный анализ позволил выявить сильные узлы, в которых неточное задание нагрузки не приведет к резкому увеличению потерь, и слабые узлы, в которых любая неточность задания исходных данных приводит к погрешности определения потерь а, следовательно, и к их увеличению.

На основе проделанной работы пришли к заключению, что функция потерь менее чувствительна к заданию нагрузки током, чем к заданию нагрузки мощностью; погрешность расчета потерь увеличивается нелинейно монотонно при увеличении степени неполноты задания исходной информации; исследование с помощью сенсорного анализа недостаточно для определения слабых узлов, так как требуется в совокупности проводить еще и анализ топологии самой сети и ее структуры потерь.

УДК 621.316.933

ЧАСТИЧНЫЕ РАЗРЯДЫ В ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

А.В. СТРУНОВА, А.Ю. КУБАРЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук д-р физ.-мат. наук, проф. А.Е. УСАЧЕВ

При диагностике кабельных линий метод частичных разрядов имеет ряд преимуществ перед методом испытаний повышенным напряжением.

В данной работе сообщается о регистрации частичных разрядов в кабельных линиях. Анализируется зависимость амплитуды и формы импульсов частичных разрядов в изоляции трёх кабельных линий различных марок от величины приложенного напряжения.

В экспериментах применялось постоянное напряжение и напряжение промышленной частоты. Величина напряжения изменялась в диапазоне от 1 до 10 кВ. В качестве источника высокого напряжения использовался аппарат испытательный АИД 70/50. Величина приложенного высокого напряжения измерялась киловольтметром С1-96. Для получения постоянного напряжения применялся однопериодный выпрямитель. Сглаживание пульсаций осуществлялось включением параллельно объекту испытания высоковольтного конденсатора ёмкостью 0,25 мкФ. Последовательно с объектом испытаний со стороны земли подключалось дополнительное сопротивление.

Напряжение с этого сопротивления через разделительный конденсатор подавалось на цифровой осциллограф марки TDS1001B. Осциллограммы частичных разрядов передавались в ноутбук для дальнейшей обработки и анализа.

УДК 621.316

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Д.А. ТОГУЛЕВ, НХТИ, г. Нижнекамск

Науч. рук. ст. преп. Н.И. ЧЕКУНОВ

В настоящее время стоимость электрической энергии растет, а ресурсы органического топлива ограничены, следовательно, необходимо разрабатывать и использовать нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ).

К основным НВИЭ относят: солнечная, ветровая, геотермальная, энергия морских приливов и волн, биомассы, низкопотенциальная энергия окружающей среды.

Неоспоримыми достоинствами НВИЭ является: низкая стоимость выработанной электрической энергии и экологическая чистота, однако, имеются и недостатки: малая плотность потока (удельная мощность) и зависимость от времени года и суток большинства НВИЭ, например, солнечное излучение, ветер, приливы, сток малых рек, тепло окружающей среды. Несмотря на дешевизну выработанной энергии, сами установки требуют больших капиталовложений.

В некоторых странах доля нетрадиционных источников в энергобалансе составляет единицы процентов. По различным прогнозным оценкам эта доля к 2010–2015 гг. во многих государствах достигнет или превзойдет 10 %. К примеру, в Дании эта цифра на сегодняшний день достигла 20 %.

Наибольшее применение нетрадиционных источников энергии получила энергия ветра. Суммарная мировая установленная мощность крупных ВЭУ и ВЭС составляет от 10 до 20 ГВт. Это объясняется тем, что удельные капиталовложения в ВЭУ ниже, чем при использовании большинства других видов НВИЭ. Второе место по объему применения занимает геотермальная энергетика. Суммарная мировая мощность ГеоТЭС составляет не менее 6 ГВт. Далее следует солнечная энергия.

Она используется в основном для производства низкопотенциального тепла. Выработка низкопотенциального тепла за счет солнечной энергии достигает 5×10^6 Гкал. Все активнее идет преобразование солнечной энергии в электроэнергию. Здесь используются два метода – термодинамический и фотоэлектрический.

Таким образом, на сегодняшний день в мире начинает широко использоваться нетрадиционные возобновляемые источники электрической энергии, так как существуют неограниченные ресурсы, которые в России используются неэффективно.

УДК 621.311.1.018

УЧЕТ ЗАТУХАНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ВОЛН ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА ПОДСТАНЦИИ

А.С. ГНЕУШЕВ, К.С. ФАТЕЕВА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.Г. МИГУНОВА

При определении перенапряжений, возникающих на оборудовании подстанции при набегании с линии волн атмосферных перенапряжений, необходимо учитывать затухание и деформацию волн, как от влияния импульсной короны, так и от влияния сопротивления земли и проводов. В настоящей работе рассматривается задача, связанная с учетом влияния сопротивления земли и проводов, поскольку при определении перенапряжений возникают затруднения, связанные с многократными отражениями от узловых точек подстанции. Выражение для искаженной волны может быть представлено в виде $U_2(p) = U_1(p) \cdot \varphi(p)$, где $U_1(p), U_2(p)$ – операторное изображение волны до и после пробега по линии длиной x , $\varphi(p)$ – операторная функция. При переходе к оригиналу с помощью интеграла Дюамеля возникает необходимость интегрирования на каждом шаге по времени, так как под знаком интеграла находится функция с запаздывающим аргументом, что значительно затрудняет использование метода «шаг за шагом». Это затруднение можно обойти, если подобрать для функции $\varphi(t)$ более простое приближенное выражение.

Изложенный метод позволяет удобно реализовать на ЭВМ определение деформации волн за счет влияния земли при распространении их по отрезкам линии, соединяющих узлы схемы подстанции.

Однако необходимость численного определения параметров цепочек для конкретных условий и длин отрезков линий несколько затрудняет его применение.

Формульное решение этой задачи можно получить при использовании приближенного выражения для функции искажения, $\varphi(p) = e^{-a_s x \sqrt{p}}$, где коэффициент a_s для земляного канала трехпроводной линии.

При применении для вычисления оригинала метода подкасательной можно использовать x_1 и x_2 в качестве смещения подкасательной, произведя предварительно пересчет для реальной длины отрезка линии.

Сравнение результатов показывает возможность использования описанной методики для приближенного определения деформации волн вследствие влияния сопротивления земли при расчётах перенапряжения непосредственно на подстанции. Следует заметить, что функция искажения рассчитывается для прямоугольной и единичной волны.

УДК 621.316

СОГЛАСОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РАБОТОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

А.О. ФОНАРЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

В условиях либерализации рынка электроэнергии и негативных последствий мирового финансового кризиса снижение затрат на обеспечения надежного, качественного электроснабжения потребителей будет играть значительную роль.

В настоящее время требуются все более совершенные способы по ограничению токов короткого замыкания. В связи с этим интерес представляет научно-обоснованное согласование параметров ТОУ с работой релейной защиты.

Существует зависимость размера резистивной зоны от нагрева и зависимость теплопритока от температуры.

Анализ данного вопроса показал, что выбор ТОУ осуществляется в зависимости от многих факторов.

В частности, от термической стойкости, на которую, в свою очередь, оказывает влияние выбор уставок релейной защиты, в зависимости от вида и сложности типовой схемы системообразующей подстанции.

Кроме того, изучение переходных процессов в ТОО под воздействием импульсов тока показывает, что вызванный нагреванием переход в нормальное состояние может происходить с характерным временем задержки.

Это объясняется тем, что термическое воздействие электрического тока прямо пропорционально времени его прохождения.

Кроме того следует уточнить, что под оценкой параметров понимается использование методики моделирования аварийных режимов, используя расчет устойчивости.

Изучение поставленной проблемы представляет чрезвычайный интерес для случая с подключением большого числа мощных потребителей электроэнергии.

Исследование параметров ТОО ведется на примере резистивного устройства и логических элементов SEPAM.

УДК 621.316.542

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОКА СРЕЗА В ВАКУМЕ

Т.А. ХОАНГ, ТПУ, г. Томск

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

В настоящее время вакуумный выключатель (ВВ) получает широкое распространение в энергосистемах, особенно на номинальное напряжение 6÷35 кВ, вследствие ряда достоинств. Однако при коммутации энергосистемы ВВ возникает повышенный уровень перенапряжений из-за явления «срез тока». Срез тока представляет собой погасание дуги отключения не при переходе тока через нуль, а раньше, причем спад тока происходит со скоростью, значительно превышающей скорость естественного подхода тока к нулю, что вызывает перенапряжения на индуктивной нагрузке.

В данной работе были определены значения тока среза при различных значениях максимального тока дуги (рис.).

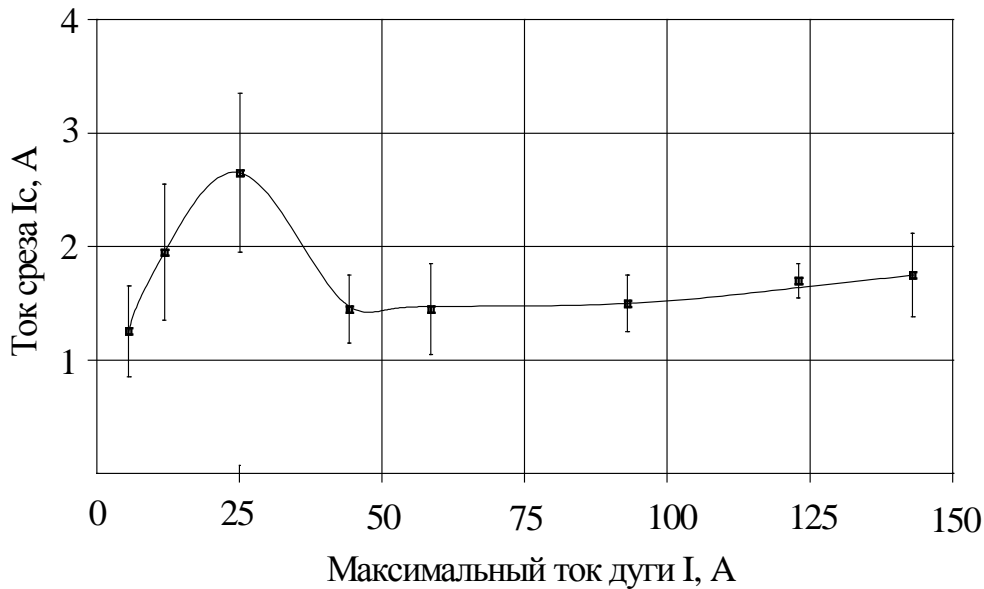


Рис. Зависимость тока среза от максимального тока дуги

Перенапряжения, возникающие при срезе тока, определяются не только значением тока среза, но и скоростью подхода тока к нулю di/dt . Из-за особенности тока вакуумной дуги, определение di/dt непосредственным способом с помощью осциллограмм тока трудно и недостоверно. В данной работе была предложена следующая методика определения di/dt : измеряется напряжение U , возникающее на индуктивной нагрузке L при срезе тока. Скорость подхода тока к нулю

di/dt определяется по формуле: $\frac{di}{dt} = \left| \frac{U}{L} \right|$.

По полученным результатам, было замечено, что с ростом индуктивности L от 0,78 мГн до 6,04 мГн значение тока среза остается постоянным, а скорость подхода тока к нулю di/dt при срезе тока уменьшается от (4,5 ÷ 6,8) А/мкс до (1,5 ÷ 1,8) А/мкс.

Полученные в данной работе результаты используются для моделирования перенапряжений в энергосистеме при коммутации ВВ, что является следующим этапом нашего исследования.

УДК 621.311.42

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПОДСТАНЦИЙ

Г.В. ЧЕКАН, ИГЭУ, г. Иваново

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

В настоящее время актуальна проблема оценки надежности различных элементов электрических сетей. Наиболее важную роль здесь играют подстанции для потребителей первой категории: они могут являться как элементами городских распределительных сетей, так и элементами сетей промышленных предприятий. Для этих подстанций характерно наличие на них не менее двух трансформаторов и системы автоматического включения резерва.

Из вышесказанного следует, что оценка надежности таких подстанций особенно актуальна. Для этого предлагается использование инженерной методики расчета показателей надежности, на основе теории Марковских процессов, с учетом различных форм обслуживания оборудования.

Преимуществами предложенной методики являются:

- большая универсальность и реализация на ЭВМ;
- возможность расчета динамики процесса изменения показателей надежности во времени;
- наглядность графа состояний моделируемой системы.

При оценке надежности были рассмотрены варианты с различной формой обслуживания. В первом варианте рассматривается работа одной ремонтной бригады, а во втором – двух. В процессе расчета определяются коэффициенты готовности и эффективности для схемы подстанции, оценивается ущерб от возможного перерыва электроснабжения потребителей электроэнергии для этих вариантов.

Расчеты, проведенные с использованием математической модели, основанной на теории Марковских процессов, показали достоверность предложенной методики для оценки надежности схем подстанций.

УДК 621.316

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

А.Н. ШАКИРОВ, НХТИ, г. Нижнекамск

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

На электрических станциях вырабатывается активная и реактивная мощность. Полезную работу выполняет активная мощность, которая непосредственно участвует в технологических процессах. Но для нормальной работы электроустановок потребителей необходима также и реактивная мощность. Основными потребителями реактивной мощности являются: асинхронные двигатели, трансформаторы, воздушные линии, реакторы, преобразователи и другие установки.

Выработка на электростанциях и передача потребителям значительного количества реактивной мощности по линиям и через трансформаторы невыгодна по следующим причинам: возникают дополнительные потери активной мощности и энергии во всех элементах системы электроснабжения, обусловленные загрузкой их реактивной мощностью; увеличиваются потери напряжения, что влияет на качество электроэнергии; загрузка реактивной мощностью линий электропередачи и трансформаторов сети электроснабжения уменьшает пропускную способность сети.

Приведенные соображения вынуждают приближать источники реактивной мощности к местам ее потребления, насколько это технически и экономически целесообразно.

Это разгружает значительную часть линий электропередачи и трансформаторов от реактивной мощности, что равносильно увеличению коэффициента мощности, который должен находиться в пределах 0,92–0,95. Следовательно, чем больше реактивная составляющая, тем меньше коэффициент мощности. Это всё ведет к увеличению капитальных затрат и себестоимости электроэнергии.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности можно разделить на следующие группы: уменьшение потребления реактивной мощности приемниками электрической энергии и применение компенсирующих устройств (синхронные компенсаторы и т.д.).

Таким образом, применение компенсирующих устройств позволяет значительно снизить капитальные затраты на строительство линий и подстанций, что в свою очередь приводит к снижению себестоимости электроэнергии.

УДК 621.436

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ КОНВЕРСИИ ОКСИДОВ СЕРЫ И АЗОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТРИМЕРНОЙ КОРОНЫ

Э.Р. ЮСУПОВА, А.И. ВАЛЕЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. проф. И.М. ВАЛЕЕВ

Снижение токсичности отработавших газов (ОГ) до допустимых пределов представляет собой сложную научно-техническую задачу, при решении которой большое значение имеет стоимость тех или иных мероприятий, а также необходимость обеспечения сохранения высоких экономических, энергетических и других показателей двигателей.

Целью данной статьи является определение электрических параметров импульсных напряжений для повышения эффективности очистки выхлопных газов и энергетических показателей этого способа.

Наши исследования по очистке выхлопных газов с помощью трубчатых электрофильтров при варьировании электрических параметров позволили определить формы и величины воздействующего напряжения. Таковым оказалось применение импульсной стримерной короны наносекундной длительности и прямоугольной формы, при котором осуществляется доокисление молекул примесей с последующим улавливанием твердых или жидких продуктов окисления в определенный моменты времени.

Так, конверсия оксида углерода CO в углекислый газ CO_2 представляет собой заверченный процесс очистки. Доокисление SO_2 в SO_3 или NO_x в NO_3 облегчает улавливание указанных экологически вредных оксидов путем связывания доокисленных продуктов с молекулами воды или аммиака с образованием кислот или солей с последующим их осаждением известными способами.

Реализация стримерного разряда с оптимальными параметрами и повышением частоты следования импульсов позволит, на наш взгляд, на порядок повысить производительность установки при той же удельной введенной в газ энергии.

УДК 621.315.2

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ ТРИИНГОВ В ЭКСТРУДИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И СПОСОБЫ ЕЁ РЕШЕНИЯ

Т.Д. ЮСУПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Электрохимическое старение или развитие водных триингов является основным механизмом деградации экструдированной изоляции силовых кабелей высокого напряжения.

Водные триинги – повреждения полимера, развивающиеся на технологических дефектах изоляции при совместном действии электрического поля и влаги, диффундирующей из окружающей среды. Вместе с влагой в изоляцию проникают агрессивные вещества. Они разрушают полимерные цепи, приводя к образованию микрополостей, которые в свою очередь служат резервуарами для накопления влаги. Под воздействием электрического поля полярные молекулы воды образуют древовидные структуры, направленные вдоль силовых линий электрического поля, – водные триинги. Различают два вида триингов: «бант» (зарождаются в объеме изоляции, заполненном водой, или на включениях инородных материалов) и «веер» (развиваются с поверхности электропроводящих экранов). Электрическая прочность изоляции в области триингов существенно снижается, что повышает напряженность на неповрежденной части изоляции и ускоряет процесс роста триинга.

В настоящее время существуют две концепции снижения негативного влияния водных триингов на свойства изоляции:

1. В полиэтилен вводятся специальные химические добавки, в итоге получается триингостойкий сшитый полиэтилен – ТСПЭ.

2. Создаются макромолекулы, в состав которых, помимо этилена, входит более 5 % других химических соединений, в итоге получается сополимерный сшитый полиэтилен – ССПЭ (механическая смесь полиэтилена низкой плотности, сополимера – этилена и этилакрилата или бутилакрилата и антиоксиданта, снижающего скорость окислительных процессов).

УДК 621.315.2

ПРИМЕНЕНИЕ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА И ЕГО КОМПОЗИЦИЙ В КАБЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ В РОССИИ

Т.Д. ЮСУПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Современная кабельная техника характеризуется применением высоких напряжений и высоких частот, увеличением передаваемых мощностей, созданием кабелей и проводов для работы в условиях высоких и низких температур, высокой влажности окружающей среды, воздействия радиации и химически активных веществ, наличия вибрации и т.п. Повышенные требования к свойствам кабелей и проводов ограничивают возможность их удовлетворения с использованием существующих электроизоляционных материалов и вызывают необходимость создания новых, более совершенных материалов. Без применения специальных материалов невозможно создание новых типов кабелей и проводов для различных отраслей народного хозяйства.

Применение в кабелях высокого напряжения (ВН) СПЭ-изоляции (ее также называют пластмассовой, соответственно кабели с такой изоляцией – КПИ) дает определенные преимущества по сравнению с маслonaполненными кабелями среднего и высокого давления. К основным преимуществам кабелей нового поколения следует прежде всего отнести более высокие значения пропускной способности, большие допустимые токи нагрузки, легкость монтажа, сниженные эксплуатационные затраты и отсутствие жидких компонентов.

В последние годы расширяется потребность в следующих специальных композициях, необходимых для выпуска современных кабельных изделий:

- силанольносшиваемых;
- для физического и химического вспенивания;
- для перекисной сшивки;
- безгалогенных пониженной горючести.

УДК 621.438

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ.

Д.М. ЮДИЦКИЙ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ш. БИКБОВ

Электроэнергетика России сегодня – это единая энергетическая система, которая представляет собой высокоавтоматизированный комплекс, объединенный общим режимом работ и единым централизованным диспетчерским и автоматическим управлением. Но, вследствие обширной территории России существуют потребители небольшой мощности, находящиеся в значительном удалении от энергосистемы и источников топлива, возле которых экономически не целесообразно строить ТЭС высокой мощности. К ним достаточно затруднительно и дорогостояще протягивать ЛЭП. Ранее такие потребители были вынуждены использовать ДЭС, КПД которых было невелико, в сравнении с КПД современных ТЭС. В настоящее время данную проблему можно решить путём строительства в непосредственной близости от потребителя мини-ТЭЦ, где основным источником тепловой и электрической энергии являются ГТУ.

При таких условиях работы ГТУ обладает рядом преимуществ перед паросиловыми установками: отсутствием котельной установки с большим количеством вспомогательных устройств и сложной системой водоподготовки; отсутствием конденсационной установки и, следовательно, значительным сокращением потребности в охлаждающей воде. Всё это приводит к меньшим габаритам, компактности и снижению веса (отсутствие котельной).

Нами был разработан проект ГТУ-ТЭЦ установленной мощности 46,9 МВт для снабжения тепловой и электрической энергией потребителей I категории, находящихся на острове и работающих изолированно от энергосистемы.

На данной ТЭЦ требовалось решить вопросы обеспечения надёжности электроснабжения потребителей, выбора количества устанавливаемых ГТУ, их мощности и фирмы производителя, координации токов короткого замыкания, а так же дальнейшую возможную связь с энергосистемой. Следующий вопрос, который был нами решён – это компоновка и выбор основного оборудования с учётом беспрепятственного доступа к нему и удобства эксплуатации.

УДК 538.3; 53.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ N ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ

Л.И. СМАКОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Ю. БЕЛАШОВ

Представление структуры и конфигурации линий напряженности E и потенциала V электрического поля (ЭП) для стационарной системы N точечных зарядов представляет собой при больших N достаточно трудоемкую задачу, при этом разработка соответствующих алгоритмов моделирования актуальна и, в качестве одного из значимых элементов, представляет интерес в расчетах ЭМ поля для элементов ЭЭС, в частности, в контексте проблемы ЭМС. В работе представлен эффективный алгоритм моделирования силовых и потенциальных поверхностей ЭП для стационарной системы N точечных зарядов q_1, q_2, \dots, q_N в 3D-геометрии. Поскольку поле $E(r)$ удовлетворяет принципу суперпозиции, выражение для него определяется законом Кулона:

$$E(r) = K \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{|r - r_i|^3} (r - r_i), \text{ где } r_i - \text{координата неподвижного точечного}$$

заряда, $K = 1/4\pi\epsilon_0$. Потенциал определяется через E , как $E(r) = -\nabla V(r)$. Обратим внимание, что поле E является векторным, отсюда возникают принципиальные трудности в его изображении. Наиболее наглядным способом представления поля E является его изображение в виде силовых и эквипотенциальных поверхностей.

Алгоритм их вычерчивания состоит в следующем:

1. Для выбранной точки r вычисляются компоненты E_α (где $\alpha = (x, y, z)$ – символьный вектор):

$$E_\alpha(r) = K \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{|r - r_i|^3} (\alpha - \alpha_i); \quad r^2 = \sum_{\alpha} \alpha^2, \quad r_i^2 = \sum_{\alpha} \alpha_i^2.$$

2. Из этой точки проводится малый отрезок Δs в направлении E (для силовых линий) или перпендикулярно E (для эквипотенциальных линий), компоненты которого равны: $\Delta\alpha = \text{sgn}(\beta) \Delta s E_{\alpha^*} / |E|$, где $\beta_\alpha = (1, 1, 1)$ в первом случае и $\beta_\alpha = (1, -1, -1)$, α^* – вектор с компонентами, циклически сдвинутыми на 1, – во втором; 3) данная процедура повторяется с новой

точки $(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z)$ до тех пор, пока силовая линия не уйдет в ∞ (за пределы области) или не подойдет к какому-нибудь отрицательному заряду. Алгоритм программно реализован в средах QB и VBA и позволяет эффективно моделировать ЭП для стационарного распределения произвольно расположенных N зарядов.

УДК 621.438

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТАХ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

О.И. КАРПЕНКО, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Н. ШИЛИН

Современные системы электроснабжения относятся к категории сложных систем, причем сложность определяется не столько количеством элементов, сколько сложностью функциональных и логических связей между отдельными частями и элементами системы. Разработка, внедрение и организация оптимальных режимов эксплуатации систем электроснабжения немислимо без имитационного моделирования. Одной из основных характеристик системы является надежность, определяющая экономическую эффективность функционирования.

Нами был разработан алгоритм для расчета надежности систем передачи и распределения электроэнергии. Для расчетного примера был выбран участок линии 110 кВ Камышинских электрических сетей.

Результатами расчета надежности систем электроснабжения является количественная оценка комплексных показателей надежности относительно конкретных узлов нагрузки, выявление участков для повышения надежности сети и разработка на основе полученных результатов мероприятий целенаправленного изменения этих показателей. Информация также необходима для оптимального расположения датчиков аварийных режимов сети.

УДК. 621

БОРЬБА С ГОЛОЛЁДНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПРИ ПОМОЩИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГЕНЕРАТОРА

В.Б. БРИНЮК, Е.Ю. СИВОЛАП, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. О.О. АХМЕДОВА

Борьба с обледенением является одной из основных задач в электроэнергетике. В настоящее время имеется множество способов борьбы с этой проблемой. Мы решили использовать для борьбы с обледенением ультразвук. На первом этапе будут проведены исследования воздействия ультразвука на лед, на втором разработка устройства для борьбы с обледенением. Под воздействием волн, которые совершают свыше 22000 колебаний в секунду – лёд раскалывается на мелкие кусочки. Ультразвуковые волны могут разрушать ледяной покров толщиной до 10 см. Преимущество метода – малая потребляемая мощность, затрачиваемая на удаление льда. Способ основан на формировании в специальном устройстве мощного ультразвукового импульса, воздействующего на образовавшиеся наледи и приводящего к разрушению и последующему ее падению на землю.

УДК 621.317.785

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА СЧЁТЧИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Р.Н. КАМАЛИЕВ, ОАО «Сетевая компания», г. Казань
А.Р. МИНГАЛИЕВ, (ф) ОАО «Сетевая компания» Приволжские
электрические сети, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.И. ФЕДОТОВ

Перед предприятиями и организациями в сфере электроэнергетики стоит актуальная проблема выбора оборудования, которое удовлетворяло бы всем предъявляемым технико-экономическим требованиям. По каждому изделию можно определить характеристики, влияющие на выбор: цена, гарантий срок, надёжность и т.д.

На сегодняшний день не определены методики, применение которых позволяет с наименьшими трудовыми и финансовыми затратами делать обоснованный выбор при приобретении оборудования и материалов.

Авторами предложена методология выбора и принятия решения на основе **метода экспертных оценок**. Для оценки мнений экспертов в количественной форме предлагается воспользоваться методом расстановки приоритетов (МРП) и методом анализа иерархий (МАИ). Данная методика применена при выборе счётчика электроэнергии. Определены приборы учёта, а также критерии (характеристики), по которым данные счётчики будут сравниваться. Критерии отобраны по паспортным данным и исходя из опыта промышленной эксплуатации. Экспертами выступили специалисты филиалов ОАО «Сетевая компания».

Результаты и выводы:

1. Предложена методика выбора оборудования (принятия решения) на основании метода экспертных оценок с применением в качестве математического аппарата «МРП» и «МАИ». Показано применение данной методики при выборе счётчика электрической энергии.

2. Оба метода (МРП и МАИ) дают в целом одинаковый результат, однако имеются незначительные расхождения в значении величины удельных весов сравниваемых критериев. Это объясняется использованием в данных методиках шкал различной степени грубости.

3. Произведено ранжирование критериев на 1-ое место эксперты выдвинули критерий *«Наличие интерфейсов различного типа»*, на 2-ом, 3-ем и 4-ом месте *«Отказоустойчивость»*, *«Простота интеграции в АИИС КУЭ»*, *«Удобство эксплуатации»*, т.е. критерии, которые оценивались на основании опыта промышленной эксплуатации.

4. Определён счётчик с наилучшими потребительскими характеристиками. Получены различные результаты в выборе счётчиков электроэнергии, основанном только на информации о паспортных данных и с учётом опыта промышленной эксплуатации. При массовом внедрении нового оборудования или материалов на производстве необходимо проведение опытно-промышленной эксплуатации образцов.

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 52-17:66.045

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ОТЛОЖЕНИЙ В ТЕПЛООБМЕННИКЕ МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

А.И. ЗИНКЕВИЧ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Н. ШАРИФУЛЛИН

В настоящее время в структуре ТЭЦ используются конденсаторы – кожухотрубчатые теплообменники. В процессе эксплуатации в трубках образуются отложения, которые влекут за собой уменьшение коэффициента теплопередачи за счет термического сопротивления твердой стенки трубки, а также снижение проходного сечения трубки. На данный момент отсутствует система диагностики неисправностей данного оборудования.

Решение поставленной задачи проходило в два этапа – построение математической модели и разработка программного обеспечения. При математическом описании процесса были приняты следующие условия: пар конденсируется полностью; плотность, теплоемкость и коэффициент теплопередачи материалов являются постоянными величинами. Математическая модель включает уравнение теплового баланса паровой фазы и охлаждающей жидкости. При статическом режиме экспериментальными данными являются значения выходных температур потоков в зависимости от расхода хладагента. Получение этих данных довольно трудоемко, поскольку на реальном объекте изменение условий приводит к нарушению технологического процесса. В связи с этим, поставлена задача идентификации в динамическом переходном процессе при изменении температуры по времени: режимы пуска, останова, перевода из одного режима в другой. В данном случае экспериментальными данными являются графики изменения выходных температур по времени переходного процесса. Решение задачи по определению толщины отложений сводится к задаче минимизации:

$$R = \sum_{i=1}^n (T_{Э}^2 - T_{П}^2)^2 \rightarrow \min$$

Алгоритм решения поставленной задачи имеет два цикла: внешний цикл включает в себя минимизацию по критерию рассогласования, внутренний – решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

В настоящее время разработан программный комплекс, осуществляющий диагностику неисправностей теплообменника.

УДК 681.3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К.О. ГУБАРЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Целью данной работы является повышение эффективности теплоэнергетического оборудования за счет использования интеллектуальных технологий на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

В данной работе рассмотрены основные возможности современных программных средств. Программная среда разработки обеспечивает создание компьютерных моделей на основе ИНС, их обучение по заложенному алгоритму и тестирование. Моделирование эксплуатационных параметров осуществляется на основе данных из научной литературы. Так, рассматривается горение в полуоткрытой топочной камере парогенератора с прямоточно-улиточными вихревыми горелками мощностью 70 МВт. Исследования проводились при сжигании антрацита и режиме работы горелок близких к оптимальному. Рассматривается возможность прогнозирования эксплуатационных характеристик процесса горения твердого топлива (ТТ) в частности, значение температуры, осевой составляющей скорости.

Первоначально создавалась база данных. Затем помещалась в программную среду разработки, где создавалась ИНС, то есть определялись входные и выходные данные, ее структура. Входными данными являются: концентрация пыли, углекислый газ, содержание горючих, расстояние от устья прямоточно-улиточной горелки, расстояние ширины от центра горелки, CO_2 . Выходными данными являются значение температуры и осевой составляющей скорости.

В процессе работы производился выбор оптимальной структуры (определялось оптимальное количество скрытых слоев – 2, общее количество 4, и нейронов в них соответственно: 5; 30; 20; 2), метод оптимизации – сопряженные градиенты. Была отработана методика компьютерного прогнозирования с использованием ИНС. Установлена оптимальная структура ИНС и определен метод ее оптимизации, что определяет большой процент правильно решенных примеров.

Результаты тестирования сети представляют собой выходные данные по параметрам (температуры, осевой составляющей скорости), значение их прогноза и ошибку. Средняя ошибка соответственно составляет 7,22 и 0,08.

Таким образом, показана возможность повышения эффективности теплоэнергетического оборудования за счет использования интеллектуальных технологий на основе ИНС, которые способны точно прогнозировать эксплуатационные параметры процесса горения ТТ.

УДК 541.13

РАЗРАБОТКА ПРОТОЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ ПОТОКА ТЕКУЩИХ СРЕД ЭЛЕКТРОДИФФУЗИОННЫМ МЕТОДОМ

Л.А. ПОЛЕНОВ, И.Ф. КОТДУСОВ, Р.С. ЗАРИПОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук.: д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. ПЕТРУШЕНКО;

д-р физ.-мат. наук, проф. Е.А. ПОПОВ

Целью проведения исследований является: получение информационно-измерительной системы измерения скорости потока текущих сред с применением электродиффузионного датчика, реализация предложенного ранее метода измерения толщин диффузионного слоя в расчетные интервалы времени. Для достижения поставленной задачи была изучена математическая модель амплитудного метода определения скорости потока жидкости на базе плоского электродиффузионного преобразователя, разработан экспериментальный стенд (проточная установка) для реализации метода определения скоростей потока жидкости с помощью ЭДП.

Данный стенд необходим для более полного изучения физических процессов, протекающих на границе раздела двух сред – плоского микроэлектрода и электролитом при различных условиях (ламинарное, турбулентное течение потока, влияние температуры среды измерения, влияние концентрации ионов электролита), определения границ скоростей измерения в рамках данной методики, определения чувствительности датчика. С помощью экспериментальной установки планируется комплекс работ по написанию и отладке программного обеспечения информационно-измерительной системы и реализация системы на микропроцессорной базе.

Состав установки включает циркуляционный насос, балансировочные клапаны с измерительными диафрагмами для определения скоростей потоков, образцовый электро-магнитный расходомер-счетчик КМ-5-1 производства ГК «ТБН-Энергосервис», сменный полипропиленовый измерительный участок с установленными успокоителями потока и измерительными макро- и микроэлектродами, расширительный бак с термостатическим элементом. Для проведения экспериментальных измерений к установке подключена плата аналого-цифрового преобразования LabView, сопряженная с компьютером, включающего программный комплекс построения виртуальных приборов LabView.

УДК 681.3

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОТ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР

Р.Р. САЛАХУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Использование электрических полей является эффективным способом интенсификации тепло- и массообменных процессов. Этот метод интенсификации теплообмена может быть применен в тех случаях, когда традиционные способы оказываются неэффективными и не могут обеспечить желаемого результата. Перспективным направлением решения данной задачи является использование нейросетевых технологий. По ранее построенной нейросетевой модели, был выявлен наиболее значимый параметр.

Далее при помощи ранее отработанной методики построения зависимости в программном пакете Grapher были построены экспериментальные и нейросетевые кривые.

Целью данной работы является анализ полученной из нейросетевой модели зависимости коэффициента теплопроводности от разности температур.

В работе были проанализированы кривые, построенные по экспериментальным данным и данным прогноза нейросетевой модели. Кривые, построенные в программном продукте Grapher, позволили частично объяснить полученные особенности и закономерности. Установлено, что в определенных диапазонах нейросетевая кривая отличается от экспериментальной.

Таким образом, в результате проделанной работы был проведен анализ полученной из нейросетевой модели зависимости коэффициента теплопроводности от разности температур.

УДК 535.3

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСЕВОГО ТВЁРДОГО ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AVR

М.В. ОКУЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Тенденцией развития современных технических систем является использование композиционных материалов, упрочненных армирующими элементами. К ним относятся и твердые топлива (ТТ), совмещающие в себе функции, как энергетического источника, так и сгораемого конструкционного элемента. Для расчёта таких систем уже недостаточно знаний значений прочности материала на сжатие и разрыв. Поэтому актуальным является изучение упругих характеристик твёрдого топлива и материалов, работающих с ним в контакте. Однако в настоящий момент не существует информационно-измерительной системы, которая бы в полной мере удовлетворяла требованиям при изучении физико-механических характеристик твёрдых топлив.

В данной работе предлагается новая информационно-измерительная система, с соответствующим прикладным программным обеспечением, для решения поставленной проблемы.

Информационно-измерительная система, с помощью которой проводились исследования, представляет собой усовершенствованную модель ультразвукового измерителя скорости продольных и поперечных волн УЗИС-ЛЭТИ. Система построена на базе микроконтроллера AVR. Для генерации и регистрации ультразвуковых волн используются датчики фирмы Panametrics A106S-RB (рабочая частота – 2,25 МГц) – для регистрации поперечных колебаний и A109S-RB (5 МГц) – для работы с продольными волнами.

В результате проведенных экспериментальных исследований были определены скорости распространения объемных волн для образцов с различным составом наполнителя. Наполнитель состоял из смеси нитрата аммония и бихромата калия в соотношении 24:1. Оболочка заряда изготавливалась из поливинилхлорида и эпоксидного компаунда.

С использованием полученных данных о скоростях распространения продольной и поперечных звуковых волн были рассчитаны коэффициенты податливости и коэффициенты упругости. Используя рассчитанные коэффициенты, вычислялись усредненные технические модули.

УДК 681.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА ОТ ВЛАЖНОСТИ ИЗ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

М.В. ДВОЕНОСОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Фрезерный торф – химически и геологически наиболее молодое ископаемое твердое топливо, обладающее высоким выходом летучих, высоким содержанием внешнего балласта и низкой теплотой сгорания. Горение фрезерного торфа является сложным процессом, зависящим от ряда параметров. В отличие от существующих математических методов, нейросетевые технологии позволяют строить многофакторные модели исходя из эмпирического опыта, а также извлекать знания из данных и находить новые, ранее не исследованные зависимости. Этим обуславливается актуальность использования современных программных средств, основывающихся на искусственных нейронных сетях для моделирования сложных процессов.

В ходе работы была построена модель, позволяющая определять наиболее значимый входной параметр для принятия нейронной сетью решения и строить зависимость выходной характеристики от него.

Цель работы – разработка методики получения зависимости теплоты сгорания фрезерного торфа от влажности из нейросетевой модели. В работе была создана и отработана методика построения зависимости в графической среде Advanced Grapher с использованием полученных из нейросетевой модели данных. Построенная зависимость позволяет сравнить ее с экспериментальными данными и выявить особенности. Для разработки нейросетевой модели использован свободно распространяемый программный продукт Neuro Pro, особенностью которого является возможность выявлять наиболее значимые для нейронной сети входные сигналы и упрощать сеть на основании удаления наименее значимых сигналов.

Методика может быть применима для решения задач прогноза в области теплоэнергетики и горения твердых топлив, а также для извлечения новых знаний из данных, выявления закономерностей.

УДК 681.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА ПРИМЕРЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ГОРЕНИЯ АНТРАЦИТА

П.Е. ЛЮБИМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Доля использования твердого топлива на тепловых электрических станциях в последнее время возрастает. Вместе с этим ужесточаются требования к таким параметрам, как надежность, экологическая безопасность энергетического оборудования и др.

В данной работе показана возможность использования нейросетевой модели, полученной по экспериментальным данным в программной среде разработки, для прогнозирования эксплуатационных характеристик процесса горения частиц твердого топлива (в частности, температура частицы), зависящих от следующих параметров: влажность, зольность, выход летучих, плотность, содержание кислорода, дисперсность, температура газовой среды.

Известно, что на точность предсказания нейросетевой модели значительное влияние оказывает подбор обучающей выборки, поэтому

исследовалось влияние обучающей выборки на характер зависимости температуры частицы от температуры газовой среды. Основа работы состоит в исследовании влияния на прогноз модели полноты обучающей выборки, то есть создавалась нейросетевая модель по всем данным и несколько моделей по более узким выборкам, а затем производилось сравнение полученных моделей. Для разработки нейросетевой модели выбрана и применена свободно распространяемая программная среда разработки NeuroPro.

С ее помощью можно определять показатели значимости перечисленных выше входных параметров, выявлять особенности и строить зависимости между ними.

Установлено, что характер зависимости температуры частицы от температуры газовой среды схож для полных и частичных данных. Нейросетевая модель показывает максимальное повышение температуры горячей частицы при содержании кислорода 10 %. Показано, что нейросетевая модель способна на частичных обучающих примерах достаточно точно (3 %) предсказывать выходную характеристику.

УДК 681.5

УСТРОЙСТВО, ВЫПОЛНЯЮЩЕЕ ФУНКЦИЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ЛЕСТНИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

М.Н. АРХИПОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, Р.С. ЗАРИПОВА

Современное человеческое общество немислимо без повсеместного использования света. Осветительные установки создают необходимые условия освещения, которые обеспечивают зрительное восприятие, дающее около 90 % информации, получаемой человеком от окружающего его мира. Экономия электроэнергии в осветительных установках имеет важное значение, так как в России на нужды освещения расходуется до 13 % вырабатываемой электроэнергии. Это и понятно, так как качественное освещение определяет комфортные условия жизнедеятельности, а без искусственного электрического освещения решить эту проблему невозможно. Среди способов сокращения расхода электроэнергии на нужды освещения одним из наиболее эффективных является применение систем управления освещением.

Достижения современной электроники позволили создать полностью автоматизированные системы управления освещением, обеспечивающие наиболее комфортные условия освещения и одновременно значительную экономию электроэнергии.

Управление осветительными сетями, а значит, и освещением превратилось в техническую задачу, от решения которой во многом зависят условия эксплуатации осветительной установки, осуществление хорошего и легко управляемого освещения, а также создание предпосылок для рационального расходования электроэнергии.

В данной работе решается задача проектирования автоматизированной системы управления лестничным освещением. В задачу входит анализ исходных данных на предмет оптимального выбора структурной схемы и типа электронных компонентов, входящих в состав устройства, а также согласование отдельных узлов по уровням сигналов на их входах и выходах и их нагрузочной способности.

Автоматическое управление освещением осуществляется при помощи автоматов, работающих на основе применения часовых механизмов, фотоэлементов или фотосопротивления. При нажатии кнопки автомата освещение включается, при следующем нажатии кнопки освещение выключается. Включенная электрическая лампочка через некоторое время автоматически выключается. Автоматический выключатель построен таким образом, что позволяет подключать любое количество кнопок.

Устройство построено на микросхеме 4013, содержащей два D-триггера. Один из триггеров работает в нетиповой роли триггера Шмитта. При нажатии одной из кнопок на входе триггера появится нарастающий фронт. Триггер работает как двоичный счетчик, следовательно, при каждом нажатии кнопки состояние выхода будет изменяться на противоположное. Когда на инверсном выходе триггера появляется высокий логический уровень, на базе транзистора появляется положительное напряжение и транзистор закрывается. Когда напряжение на инверсном выходе упадет до уровня массы, транзистор открывается и течет отрицательный ток через управляющий электрод триака. Триак открыт – электрическая лампа светится.

Устройство удобно использовать в тех случаях, когда необходимо включать и выключать освещение из разных мест, а также для автоматического выключения освещения. Его также можно использовать как часть нетиповой сигнализационной системы, которая при обнаружении передвижения в зоне датчиков (инфракрасные, ультразвуковые, микроволновые и т.п.) включает на определенное время освещение.

УДК 621.314.6

ИНТЕГРАТОР С БОЛЬШИМ ВРЕМЕНЕМ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Н.П. АНТОНОВ, ВСГТУ, г. Улан-Удэ

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. К.А. ФЕДОРОВ

Существующие в настоящее время аналоговые интеграторы рассчитываются из условия выполнения неравенства $R \gg X_C$, что приводит к сильному ослаблению выходного напряжения и к недостаточной точности интегрирования сигналов большой длительности.

В настоящем сообщении рассматривается вопрос проектирования интегратора на реактивных элементах. Соотношение, связывающее напряжение на конденсаторе и напряжение на выходе

$$u_c(t) = \frac{1}{T} \int_0^T u_{\text{вх}}(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{\infty} [u_{\text{вх}}(t) - u_{\text{вх}}(t - T)] dt$$

где T – время интегрирования.

С учетом теоремы смещения вещественной переменной функция передачи интегрирующего устройства имеет вид

$$H(s) = \frac{U_{\text{вхх}}(s)}{U_{\text{вх}}(s)} = \frac{1}{sT} (1 - e^{-sT}) \quad (1)$$

при $s = j\omega$, множитель $\frac{1}{j\omega}$ служит оператором интегрирования в частотной области.

Чтобы получить интегрирующее устройство с функцией передачи (1), воспользуемся методом синтеза линейных электрических цепей во временной области. Полученное схемное решение содержит входную индуктивность, операционный усилитель, интегрирующую ёмкость, которая подключается параллельно к корректирующей цепочке из LC и R элементов.

УДК 628.8

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ КЛИМАТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т.А. АБРАРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Одним из наиболее распространенных процессов в различных отраслях промышленности является термовлажностная обработка воздуха.

Атмосферный воздух, представляющий собой смесь сухого воздуха и водяного пара, называется влажным воздухом. Хотя сухой воздух, в свою очередь, является смесью газов, мы будем рассматривать его как единое целое, так как состав его в рассматриваемых процессах не изменяется. Для практики представляет интерес воздух при атмосферном давлении в интервале температур от -50 до $+100$ °С. Для обработки информации удобно пользоваться психрометрической диаграммой влажного воздуха. Она является наиболее наглядным видом представления зависимостей между температурой, давлением и влажностью воздуха. Также она удобна тем, что можно с достаточной степенью вероятности определить медленно изменяющийся параметр температуры, по уже известной величине давления, которое изменяется быстрее.

Предложенная система контроля и управления основными параметрами климата предназначена для измерения, хранения, передачи для дальнейшей обработки в компьютер климатических данных, а также управления климатическими параметрами. Система построена на основе микроконтроллера. Для измерения метеорологических данных используются цифровые датчики температуры воздуха, атмосферного давления и влажности.

Новизна данного проекта заключается в разработке виртуального прибора для мониторинга основных параметров микроклимата на основе измерительной технологии LabView. В настоящее время востребованность таких систем возрастает ввиду того, что современные технологии позволяют решать вопросы мониторинга микроклимата на конкретных объектах.

Уровень конкурентных преимуществ проекта заключается в достаточной его дешевизне, простоте монтажа и обслуживании, модульности построения и масштабируемости.

УДК 621.396.62

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕШАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПО СЛЕПЯНУ НА ВЫХОДЕ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В.С. БАИНА, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, А.Г. ИЛЬИН

Наибольшую сложность при проектировании современных систем радиосвязи на современном этапе развития радиотехники представляет собой увеличение чувствительности и помехостойкости, т.е. задача отыскивания наилучшего способа приёма сигнала при действии помех.

В 1958 году Д. Слепяном была доказана теорема, согласно которой существует правило решения позволяющее обнаружить полезный сигнал, если существует спектральное отличие между смесью сигнала и шума и просто шума.

Данная работа была подвергнута большой критике, так как её положение во многом расходилось с положениями теории линейных оптимальных фильтров. При этом никто из критиков не опровергает корректность доказательства данной теоремы.

Все замечания относятся к возможности реализации полученного соотношения и повышения помехоустойчивости существующих приёмников.

В работе Ильина А.Г. «Повышение помехоустойчивости радиотехнических и оптоэлектронных систем» показано, что между смесью сигнала и шума и просто шума существует отличия. Структурные отличия приводят к тому, что спектры на выходе нелинейных устройств, при наличии и отсутствии полезного сигнала, существенно отличаются. Таким образом, при использовании нелинейных преобразователей можно выполнить условия теоремы Слепяна.

Целью настоящей работы является моделирование работы решающего устройства, реализующего алгоритм обнаружения Слепяна на выходе амплитудно-фазового преобразователя.

Как показали результаты математического моделирования, спектры огибающих на выходе АФП зависят от структуры входного узкополосного процесса и зависят от отношения сигнал/шум на входе АФП. Устройство, работающее по критерию Слепяна, наиболее эффективно при малых отношениях сигнал/шум ($0 < C/Ш < 3$). Наибольший эффект достигается при отношении сигнал/шум $0,4-1$, а вероятность ложной тревоги при этом снижается в $1,3$ раза.

УДК 004

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

А.И. АХУНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Э.А. МУХУТДИНОВ

На сегодняшний день распознавание электронными устройствами объектов и обеспечение безопасности при организации санкционированного доступа развиваются довольно быстро. Для достижения высокого уровня обслуживания пользователей используются системы бесконтактной идентификации. Главными особенностями таких систем является то, что обеспечивается высокая скорость считывания данных, обработка большого количества объектов одновременно, минимальное влияние природных условий на оборудование при его эксплуатации, возможность не только передавать данные с объекта в базу данных, но и обновлять устаревшие сведения. Коротко говоря, радиочастотная идентификация заключается в обнаружении и идентификации помеченного объекта по данным, которые пересылает этот объект.

Проектирование лежит в основе построения систем бесконтактной идентификации и является одной из самых сложных и трудоёмких задач. Весомую часть в проектировании занимает виртуальное моделирование работы всей системы. Главной задачей виртуального моделирования является обеспечение слаженной работы информационно-измерительной среды и программного обеспечения, а также выявление и устранение ошибок и недочетов на стадии проектирования для снижения материальных затрат.

УДК 621.317

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

А.Н. КИТАБОВ, УГАТУ, Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.П. ТОКАРЕВ

В настоящее время количество добываемой нефти установками электроцентробежных насосов (УЭЦН) непрерывно растет. Приводом УЭЦН является погружной электродвигатель (ПЭД) – это специальная электрическая машина, имеющая ряд особенностей: длина его может достигать 20 м, при наружном диаметре до 123 мм. Кроме того, ПЭД во время эксплуатации находится в тяжелых условиях: контакт с нефтью, что приводит к коррозии корпуса, плохой отвод тепла от корпуса во время нахождения в скважине.

Контроль состояния погружного оборудования целесообразен с экономической точки зрения, т.к. своевременный ремонт УЭЦН гораздо дешевле аварийной остановки скважины и подъема отказавшего оборудования. Существуют наземные горизонтальные испытательные стенды для проверки ПЭД, но в настоящее время необходимо контролировать состояние оборудования в скважине и по всей длине оборудования.

Предлагается система позволяющая измерять параметры контроля непосредственно в испытательной скважине (имитирующей реальные эксплуатационные условия). Анализ возможных параметров контроля показал, что наиболее информативными являются вибрация и температура. Вибрация отражает техническое состояние узлов машины, а температура информирует тепловое состояние обмоток, а также позволяет определить время остановки ПЭД для охлаждения.

В состав системы входит: погружной блок интеллектуальных датчиков (ПБИД), наземный интерфейсный узел (НИУ) и персональный компьютер (ПК). Интеллектуальные датчики (ИД) закрепляются по всей длине ПЭД, что позволяет контролировать его отдельные элементы и узлы. Сигналы с ПБИД поступают в НИУ, где происходит преобразование сигналов, после чего они поступают в ПК для обработки и представления результата оператору.

ИД состоит из комплекса аппаратных и программных средств, которые позволяют измерять, обрабатывать и передавать измерительные сигналы в НИУ. В состав ИД входят датчики вибрации (MEMS акселерометр) и температуры (полупроводникового типа), нормирующие преобразователи, микроконтроллер (со встроенным АЦП) и интерфейсный узел. Интерфейсом данной системы является RS485, что позволяет подключать к шине до 32-х ИД.

Данная система позволяет оценивать техническое состояние ПЭД, в общем, и отдельных его узлов в частности. Данная система также дает возможность определить местонахождение неисправного узла, что значительно снижает затраты на ремонт оборудования.

УДК 621.38

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ

Л.В. БИШЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Одной из традиционных и, тем не менее, актуальных задач искусственного интеллекта является распознавание символов по их графическому представлению. Наиболее подходящим для нашего случая оказалось распознавание по принципу работы персептрона. Выбор данной модели объясняется тем, что персептрон в большей степени соответствует нашим представлениям о процессах функционирования мозга.

Программа, написанная на языке программирования Delphi, реализует работу персептрона Ф.Розенблатта с использованием известных формул дельта-правила. В стандартный алгоритм работы и обучения персептрона дополнительно вводится коэффициент скорости обучения, который позволяет управлять величиной коррекции весов.

Тестирование выполнялось на заданном множестве из пяти заглавных и пяти строчных букв; каждому символу был присвоен свой номер. Распознающая матрица, куда можно загрузить букву из файла либо нарисовать ее здесь же, состоит из 40 фотоэлементов (рис.). После выбора объекта проводится обучение персептрона с подсчетом ошибки (разницы между требуемым ответом устройства и реальным значением на выходе) для каждого нейрона сети. В результате проверки объекта на принадлежность тестовому множеству программа выводит заключение вида: «Символ распознан как символ с номером 2».



Эталонный набор символов достаточно просто меняется, также в программе предусмотрена возможность сохранения новых объектов (букв, цифр и т.п.), создаваемых непосредственно во время работы персептрона.

УДК 621.313

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СРЕД

В.А. РЫБИНСКИЙ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.И. ЛЮТАХИН

Под магнитной характеристикой сплошной среды понимается зависимость

$$\vec{B} = \vec{B}(\vec{H}), \quad (1)$$

где \vec{B} и \vec{H} соответственно вектор магнитной индукции и вектор напряженности магнитного поля. Эта зависимость может быть заменена соответствующими ей тремя скалярными уравнениями:

$$\begin{aligned} B_{q1} &= B_{q1}(H_{q1}, H_{q2}, H_{q3}), \\ B_{q2} &= B_{q2}(H_{q1}, H_{q2}, H_{q3}), \\ B_{q3} &= B_{q3}(H_{q1}, H_{q2}, H_{q3}), \end{aligned} \quad (2)$$

где B_{q1}, B_{q2}, B_{q3} – проекции вектора \vec{B} на оси произвольной ортогональной системы координат $Oq_1q_2q_3$. Для безгистерезисных магнитных сред функция (1) является однозначной, непрерывной и дифференцируемой. Под параметрами магнитной характеристики сплошной среды подразумевается полная производная векторной функции (1).

Элементы полученной μ_{jk} матрицы по своему физическому содержанию представляют собой частные дифференциальные магнитные проницаемости среды.

Следовательно, магнитные параметры среды образуют полную (необходимую и достаточную) совокупность коэффициентов используемых для определения приращения вектора \vec{B} , соответствующего произвольному бесконечно малому приращению вектора \vec{H} . По своему математическому содержанию параметр μ является тензором второго ранга и представляет собой оператор, преобразующий вектор $d\vec{H}$ в вектор $d\vec{B}$. Параметр μ для любого магнитного состояния среды, задаваемый вектором \vec{H} однозначен, что вытекает непосредственно из его определения как полной производной непрерывной и дифференцируемой функции (1).

УДК 681.322.067

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ШИФРОВАНИЯ

А.Ф. ВАЛЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Криптография сегодня – это важнейшая часть всех информационных систем: от электронной почты до сотовой связи, от доступа к сети Internet до электронной наличности. Она предотвращает попытки мошенничества в электронной коммерции и обеспечивает юридическую силу финансовых транзакций. Криптография не только помогает установить вашу личность, но и обеспечивает вам анонимность.

Достаточно надежное закрытие информации может быть обеспечено при использовании для шифрования некоторых аналитических преобразований. Наибольшее распространение получили методы шифрования, основанные на использовании матричной алгебры.

В данной работе, на основе классического метода аналитического шифрования и нерекурсивного алгоритма нахождения обратной матрицы, была разработана программа, с целью усовершенствовать алгоритм, для обеспечения более надежной защиты.

С применением шифра Цезаря была модифицирована часть алгоритма с заменой букв на цифры.

Вместо классического определения числового эквивалента исходного слова как последовательности соответствующих порядковых номеров букв русского алфавита, этот эквивалент был смещен на одну позицию, что позволяет повысить криптостойкость.

Взятый за основу классический алгоритм годен лишь для шифрования слов, количество символов в которых можно разделить нацело на размерность матрицы-ключа. Поэтому были сделаны следующие преобразования: если длина шифруемой строки не делится нацело на размерность матрицы, то количество блоков шифртекста увеличивается на 1, а затем заново переопределяется длина строки. Таким образом, созданная программа может зашифровать текст, независимо от его длины и от содержащихся в нем количества символов.

УДК 621.31.075.8

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ СЛОЖНОЗАМКНУТЫХ СЕТЕЙ

А.И. ФОМИН, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук Н.М. ЕРМОЛАЕВА

Наиболее часто встречающаяся задача при проектировании и эксплуатации сетей – это расчет установившегося режима работы сложноразветвленных электрических сетей. Решение этой задачи также требуется при расчете аварийных и послеаварийных режимов и для оптимизации электрических сетей. Несмотря на огромное количество методов и алгоритмов расчета установившихся режимов, поиск эффективного способа расчета сетей с большим количеством узлов и ветвей представляет собой актуальную задачу.

Целью моей работы и стало создание специализированного программного обеспечения для расчета режимов работы электрических сетей, а так же наглядного представления рассчитанных данных в графической форме. Метод двойной факторизации, используемый в программе, дает возможность существенно ускорить расчет. Так время, затраченное на расчет установившегося режима работы сети с числом узлов 1000 и даже при коэффициенте заполненности 0,9, составляет не более, чем 1 минута и 25 с. При таких размерах сети важным становится вопрос графического отображения результатов.

Для этого был использован «виртуальный экран», который позволил сократить объем загружаемых одновременно данных. В работе особое место уделяется рабочему интерфейсу программы для совместного использования данных различными программными комплексами. Он основан на использовании СОМ-технологии, которая позволяет не только эффективно использовать память, но и обмениваться данными между приложениями.

Наряду с быстротой решений, это позволит в будущем использовать эту программу не просто как локальную среду разработки, а как динамическую систему, способную обслуживать электрическую сеть в реальном времени. Например, при изменении мощности генерации или потреблении электроэнергии можно будет в реальном времени менять коэффициенты трансформации трансформаторов, регулировать выработку реактивной мощности, включать или отключать элементы схемы, решать вопросы оптимизации сети.

УДК 364.788

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Р.З. ЗАЙНЕТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Постановкой задачи данной научно-исследовательской работы стала разработка программного приложения прогноза чрезвычайных ситуаций в среде Delphi.

Задачу прогноза временной динамики некоторого объекта можно сформулировать следующим образом. Пусть одну из характеристик интересующего нас объекта мы измеряем в моменты $t, 2t, 3t, \dots$. Это дает ряд наблюдений h_1, h_2, h_3, \dots . Как по множеству h_1, \dots, h_n предсказать h_{n+1}, h_{n+2} и т.д.? Эту задачу называют проблемой прогнозирования или задачей построения предиктора.

В вычислительной математике для прогнозирования обычно пользуются методами аппроксимации. На основе этого было разработано программное приложение, реализующее аппроксимацию с помощью метода наименьших квадратов. В качестве примера работы программы были взяты данные по статистике пожаров в РФ с официального сайта МЧС России, и выполнен соответствующий прогноз.

Можно сделать вывод о том, что пожаров с каждым годом становится меньше, но пожары становятся более масштабными, т.е. материальный ущерб от них растет.

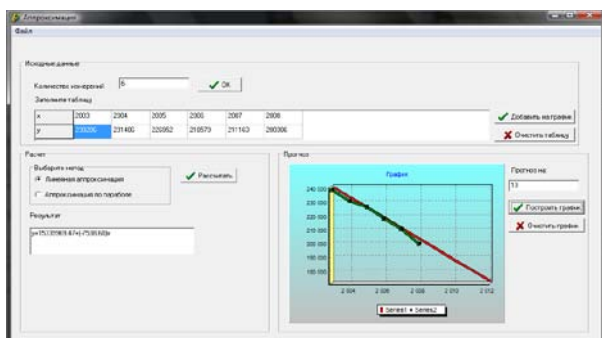


Рис. 1. Окно программы с прогнозом количества пожаров

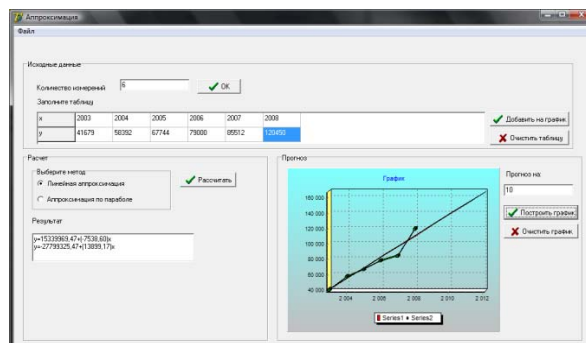


Рис. 2. Окно программы с прогнозом материального ущерба

УДК 621.317

КАНАЛ ВВОДА АНАЛОГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР

Т.А. ПОПОВ, В.Г. ШУМКИН, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. РОДИН

Широкое применение на производстве и науке для автоматизации измерений находят технические средства, реализованные на базе ПЭВМ. Создание подобных приборов требует наличия персонального компьютера и канала ввода аналоговой информации в него.

Канал ввода информации осуществляет преобразование входного аналогового сигнала в цифровой код с помощью интегральных микросхем АЦП. Однако серийные изделия и программное обеспечение к ним имеют высокую стоимость, ориентированы на решение конкретных измерительных задач.

Предлагается в качестве устройства ввода данных в персональный компьютер использовать канал преобразования аналоговой информации в цифровую на основе микроконтроллера (МК) ATmega16 фирмы Atmel, имеющего высокую производительность (до 16 MIPS при тактовой частоте 16 МГц), напряжение питания в диапазоне от 2,7 В до 5,5 В и ток потребления от 0,75 мА до 15 мА.

МК имеет встроенный высокопроизводительный 10-ти разрядный АЦП последовательного приближения, дифференциальный усилитель с программно выбираемым коэффициентом усиления (1, 10 или 200) и универсальный синхронный и асинхронный приемо-передатчик, что значительно упрощает осуществление связи с компьютером.

Встроенный в МК 10-разрядный АЦП последовательного приближения обеспечивает абсолютную погрешность ± 2 МЗР, интегральную нелинейность $\pm 0,5$ МЗР, быстродействие до 15 000 выборок/с. На входе модуля АЦП имеется 8-канальный аналоговый мультиплексор. Входы АЦП могут объединяться попарно для формирования различного числа каналов с дифференциальным входом. В качестве источника опорного напряжения для АЦП может использоваться как напряжение питания микроконтроллера, так и внутренний либо внешний источник опорного напряжения. Управление работой АЦП осуществляется посредством трех регистров: ADCSRA, SFIOR и ADMUX.

Предложенная схема канала ввода информации в ПЭВМ на базе микроконтроллера многофункциональна, не требует значительных финансовых затрат и может найти широкое применение при измерениях.

УДК 621.82

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СРЕДСТВАМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОРЕЗИСТИВНЫМ МЕТОДОМ

Р.Ш. ГАЛИМЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **В.В. ШАРОВ**

Качество подшипника качения определяется его техническим состоянием, которое оценивается при диагностировании. При диагностировании определяют либо качество подшипников качения в целом, либо качество его отдельных элементов.

Интегральная комплексная оценка качества является первоначальным этапом диагностирования, которому могут подвергаться многие технические объекты. Требования, предъявляемые к средствам диагностирования подшипников качения по интегральным диагностическим параметрам, определяются: условиями эксплуатации подшипников качения, режимами их работы, диапазоном измерения интегральных диагностических параметров и допустимой погрешностью.

Режимы эксплуатации подшипников качения определяются скоростью вращения его колец, свойствами смазочного материала, нагрузкой, степенью защищенности зон трения от твердых абразивных частиц и другими факторами.

Особое место среди режимов занимают свойства смазочного материала: объем, вязкость, смазывающие свойства, термостойкость.

Они определяют условия смазки подшипника: граничная, жидкостная, смешанная.

Таким образом, подшипник качения может работать в режимах жидкостной, граничной или смешанной смазки. Поэтому средство диагностирования должно быть универсальным – то есть работающим во всех трех режимах смазки или, по крайней мере, работать при жидкостной смазке и сигнализировать о наступлении смешанной смазки. При этом средство диагностирования должно быть достаточно помехозащищенным, чтобы случайные помехи не воспринимались, как нарушение жидкостной смазки.

Электрорезистивные средства диагностирования подшипников качения не требуют демонтажа подшипникового узла, могут быть достаточно простыми в реализации, автономными и экономичными в эксплуатации.

УДК 519.2. 681.3

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ

А.Г. ЗАБАТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Разрабатывается программа с использованием языка программирования РНР, который позволяет расположить программу на одном сервере, а все остальные компьютеры, на которых проводится тестирование, будут исполнять роль клиента. Таким образом, рабочий сервер можно запустить внутри аудитории и производить тестирование локально.

Программа, написанная на языке РНР, совместима с любой операционной системой, имеющей полноценный браузер.

PHP является объектно-ориентированным языком программирования, который признан одним из самых быстрых и легкодоступных языков для написания веб-приложений.

Никаких особых условий для использования серверных программ нет, все они находятся в свободном доступе в интернете и являются Open Source программами. В качестве сервера используется Apache.

Базы данных: MySQL. Языки программирования: PHP, Javascript. Интерфейс: xhtml+cuss.

Таким образом, применение выше перечисленных средств программирования позволяет в условиях ограниченных технических возможностей и без дополнительного ПО создать мультимедийный программный комплекс для обучения и контроля качества знаний, в том числе и в режиме удаленного доступа.

Внедрение этого комплекса ставит своей целью повысить эффективность организации образовательного процесса, усилить мотивацию студентов к освоению учебных дисциплин, оперативно получать данные о текущей, рубежной и итоговой успеваемости студентов.

УДК 681.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА LABVIEW ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Д.Г. САФИНА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время сотовая связь и беспроводная передача данных становятся основным направлением развития сетевой индустрии. Бурное развитие сетей этого класса, объясняется наличием целого ряда присущих им достоинств, такие как высокая скорость передачи информации, удобство использования, быстрота реализации и отсутствие затрат на прокладку дорогостоящих кабелей. В настоящее время повсеместно ведутся интенсивные научные исследования, направленные на повышение качества.

Для рационального учета факторов, от которых зависит проектирование параметров базовых станций сотовой связи, целесообразно применять современные программные комплексы позволяющие оценить степень влияния каждого параметра.

В качестве такого программного комплекса была выбрана виртуальная лаборатория LabVIEW.

Созданный нами виртуальный прибор может определять мощность на входе приемника при заданной дальности, относительный уровень поля в точке приема в зависимости от дальности, высот подъема передающей и приемной антенн, электрических параметров поверхности Земли.

Таким образом, проблема проектирования базовых станций сотовой связи представляет собой трудоёмкую задачу, качество которой зависит от того, насколько точно в процессе планирования учтены особенности местности, параметры аппаратуры, источники возможных помех и множество других факторов, учесть которые без использования автоматизированных компьютерных инструментов в современных условиях невозможно.

УДК 621.311

МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.А. ЛУТОШКИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Одним из основных и наиболее перспективных методов оценки технического состояния, обеспечивающих оперативный контроль параметров текущего состояния электрического оборудования в процессе эксплуатации без его демонтажа, является объективный метод контроля – виброакустический. Благодаря огромной информационной емкости виброакустических процессов, сопровождающих функционирование машин и механизмов, использованию современной микропроцессорной техники и новых методов обработки измерительной информации, требования обеспечения комплексной оценки технического состояния машинного оборудования в рабочих условиях без демонтажа оборудования выдвигают на передний план именно методы виброакустической диагностики. Физическим носителем информации о состоянии элементов работающего оборудования является виброакустический сигнал – собирательное понятие, включающее информацию о колебательных процессах (вибрационных, гидро- или газодинамических и пр.) в самом механизме и в окружающей среде.

Для обнаружения и диагностирования дефектов узлов машинного оборудования виброакустическим методом используют информацию, полученную в различных измерительных точках конструкции машины и вокруг нее, направлениях измерения (вертикальном, горизонтальном и осевом) и участках частотного диапазона (инфразвуковом, звуковом и ультразвуковом).

Экономическая целесообразность применения методов виброакустической диагностики в различных отраслях техники обусловлена множеством причин: снижением вероятности непредвиденных аварий с катастрофическими последствиями; ликвидацией или уменьшением количества переборок, сокращающих ресурс оборудования; уменьшением времени простоев; снижением стоимости техобслуживания и ремонта; экономией запчастей и горюче-смазочных материалов.

УДК 621.391.26

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА С ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

А.Н. МОСКАЛЁВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.А. ИШМУРАТОВ

В наше время цифровая обработка сигналов используется во многих областях промышленности, в том числе при проектировании информационно-измерительной техники. Одним из применений цифровой обработки сигналов является цифровая фильтрация, которая может быть осуществлена двумя способами – методом ДПФ и методом дискретной свертки.

Метод ДПФ дает возможность оперативного изменения частотной характеристики в соответствии со спектром поступающего входного сигнала, т.е. осуществлять динамическую фильтрацию. Но на практике использование этого метода для реализации цифрового фильтра требует значительного объема вычислений в случае потоковых данных. По сравнению с методом ДПФ метод дискретной свертки обеспечивает более быструю обработку. Однако его недостатком является невозможность прямого получения спектра сигнала, а, следовательно, изменения параметров фильтра в зависимости от характера сигнала в процессе фильтрации.

Таким образом, наиболее оптимальным при решении задачи построения фильтра с динамически изменяемыми параметрами является метод ДПФ.

На первом этапе проектирования цифрового фильтра был разработан алгоритм вычислений коэффициентов ДПФ с использованием процедуры БПФ.

На базе алгоритма была разработана программа с возможностью наглядного представления результатов процесса фильтрации средствами визуального интерактивного интерфейса, включающего отображение исходного сигнала, его спектра и сигнала после цифровой фильтрации.

Для реализации адаптивного фильтра использовалась свободно распространяемая интегрированная среда разработки Visual Basic, которая позволяет создавать автономные исполняемые приложения.

УДК 621.38

КОНСТРУКТОР АНАЛОГОВЫХ ФИЛЬТРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ PSPICE

А.В. АФЗАЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В данной работе представляется прототип пакета расширения, который был назван «Конструктор аналоговых фильтров». Данная система программного модуля интегрирована в MatLab и органически вписывается в графический интерфейс GUI, с тем, чтобы пользователь мог легко управлять процессами создания и анализа аналоговых активных фильтров. Она реализует каждый из пяти самых общих аналоговых типов фильтра: Бесселя, Баттерворта, Чебышева 1, Чебышева 2, и эллиптические фильтры, каждый из которых может быть спроектирован как ФВЧ или ФНЧ. Несмотря на то, что программа позволяет моделировать фильтры ВЧ и НЧ, посредством их комбинации могут быть построены полосовые и режекторные фильтры. При построении используется один из 4-х типов схем (Салена-Ки, многопетлевая ОС, Акерберга-Мосберга (+), Акерберга-Мосберга (-)), также можно выбрать значения специфичных компонентов и получить результаты вычислений других RC-компонентов данной схемы.

Актуальным является задача интеграции схем, созданных в данном программном модуле, в PSPICE с тем, чтобы пользователь мог их использовать при проектировании реальных схем. Для этого необходимо построить всевозможные схемы, используемые в «Конструкторе аналоговых фильтров», в Proteus и протестировать их в PSPICE. Тем самым у пользователя появляется возможность использовать данный модуль при схемотехническом проектировании больших схем.

УДК 621.316:681.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Р.Р. МАРДАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Проблема повышения эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей (АЭД) имеет для предприятий большое экономическое значение, поэтому задачи, решаемые в данной научной работе, являются своевременными и актуальными.

Перспективным методом решения данной проблемы является создание автоматизированной системы контроля технического состояния (АСКТС). Автором разрабатывается АСКТС на основе анализа уже существующих систем. Ее структурная схема показана на рис.

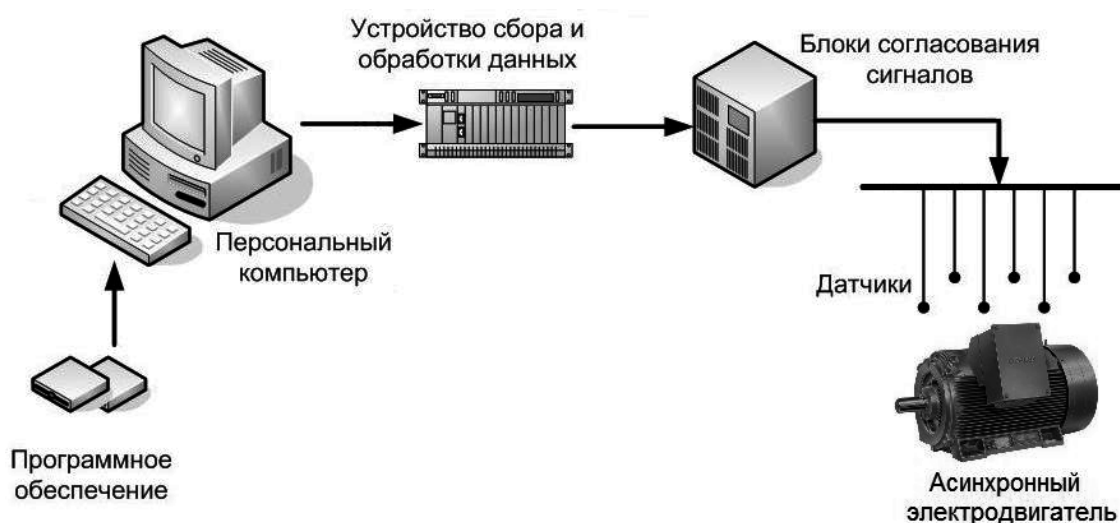


Рис. Структура АСКТС

АСКТС включает в себя ряд ключевых технологических элементов. Персональный компьютер (ПК) является главным элементом системы, который предоставляет аппаратные ресурсы и вычислительные мощности. Программное обеспечение (ПО) превращает ПК и оборудование сбора данных в завершённую систему сбора, анализа и отображения данных. Устройство сбора данных производит опрос и обработку сигналов с датчиков.

Разрабатываемая АСКТС позволит в определенной степени решить проблему рационального использования ресурса АЭД на основе оценки и прогнозирования технического состояния и определения на этой основе его остаточного технического ресурса.

Применение АСКТС обеспечит переход к стратегии обслуживания электрооборудования по фактическому состоянию и управлению этим состоянием с последующим его прогнозом на определенный период с учетом технико-экономического критерия и свойства контролепригодности.

УДК 681.3:621.396

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СЖАТИЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МНОГОСЛОЙНОГО ТЕЛА С ИЗМЕНЕНИЕМ ПЛОТНОСТИ

И.А. ЗАКИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.К. ПЕТРОВА

При дистанционном изучении внутренней структуры какого-либо объекта исследование его вращения часто бывает единственным способом определения его параметров. Одной из важных характеристик является сжатие слоев, так как от него зависит, например, тепловыделение при дифференциальном вращении слоев. Мы рассматриваем упрощенную модель двухслойного тела: жидкое ядро, твердая оболочка. Геометрическое сжатие однородных слоев Луны вычисляется в рамках теории Клеро. Для изучения влияния двухслойности на либрационные колебания мы исследуем значения динамического и геометрического сжатия жидкого ядра и оцениваем геометрическое сжатие границы ядромантия на основе решения дифференциального уравнения Клеро, которое

усложняется путем изменения плотности по радиусу, вместо статического значения, для геометрического полярного и экваториального сжатий под действием вращения тела и приливного воздействия не нее со стороны внешних тел.

Задача моделирования – получить распределение внутреннего сжатия по радиусу.

Предложенная модель была применена к небесному объекту – Луна. Вращение Луны приводит к ее осесимметричному сжатию на полюсах и порождает экваториальное поднятие.

В тоже время приливное воздействие Земли направлено по линии соединяющие центры Луны и Земли.

Мы впервые предполагаем линейную зависимость плотности от радиуса, параметры которого берем из измеряемых данных (Dickey, 1994).

Это позволяет проводить моделирование степени сжатия с большей вероятностью совпадения с исследуемым объектом. В результате, уравнение Клеро изменяется и приводится к виду, исключаящему аналитическое решение. В связи с этим в работе рассматривается численный метод решения данного уравнения.

УДК 681.3

ИЗМЕРЕНИЕ ЧИСЛА ОШИБОК НА КАНАЛЬНОМ УРОВНЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

А.Л. МОИСЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

В сетях Ethernet наиболее распространенными являются следующие типы ошибок.

Короткий кадр – кадр длиной менее 64 байт (после 8-байтной преамбулы) с правильной контрольной последовательностью. Наиболее вероятная причина появления коротких кадров - неисправная сетевая плата или неправильно сконфигурированный или испорченный сетевой драйвер.

Последнее время наблюдается большое число ошибок этого типа на относительно медленных компьютерах (486/SX), работающих под Windows 95 с сетевыми платами NE2000.

Длинный кадр (long frame) – кадр длиннее 1518 байт. Длинный кадр может иметь правильную или неправильную контрольную последовательность.

В последнем случае такие кадры обычно называют jabber. Фиксация длинных кадров с правильной контрольной последовательностью указывает чаще всего на некорректность работы сетевого драйвера; фиксация ошибок типа jabber – на неисправность активного оборудования или наличие внешних помех.

Ошибки контрольной последовательности (CRC error) – правильно оформленный кадр допустимой длины (от 64 до 1518 байт), но с неверной контрольной последовательностью (ошибка в поле CRC).

Ошибка выравнивания (alignment error) – кадр, содержащий число бит, не кратное числу байт.

Блики (ghosts) – последовательность сигналов, отличных по формату от кадров Ethernet, не содержащая разделителя (SFD) и длиной более 72 байт. Впервые данный термин был введен компанией Fluke с целью дифференциации различий между удаленными коллизиями и шумами в канале связи.

Блики являются наиболее коварной ошибкой, так как они не распознаются программными анализаторами протоколов по той же причине, что и коллизии на этапе передачи преамбулы. Выявить блики можно специальными приборами или с помощью метода стрессового тестирования сети.

УДК 662.714.332.12

ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ИК ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ВЫБРОСОВ

Р.Р. КОВЕРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук., доц. Э.А. МУХУТДИНОВ

В настоящее время, в связи с возрастающей необходимостью контроля транспортных выбросов для улучшения экологической обстановки возникла острая необходимость в компактных переносных приборах: надежных, удобных и простых в эксплуатации. В соответствии с требованиями действующих стандартов простейший ИК газоанализатор должен измерять содержание двух компонентов CO и CH в выбросах автотранспорта, а также контролировать число оборотов двигателя.

В двухкомпонентном газоанализаторе следует использовать трехканальную оптическую схему измерения.

Сигналы измерения каналов – 2 рабочих, по СО и СН соответственно и сравнительного, выделяются с помощью трех интерференционных светофильтров, установленных на обтюраторе. Частота вращения обтюратора 1,1 Гц.

В переносных ИК газоанализаторах желательно использовать безобтюраторные схемы измерения. Однако это требует использования малоинерционных модулирующих источников ИК излучения.

В разрабатываемом двухканальном газоанализаторе используется два аналитических канала (СО и СН), в каждом из которых используется комбинированная схема измерения. Использование микропроцессорной техники дает возможность в принципе исключить сравнительный канал, а в качестве сравнительного канала использовать сигнал, полученный при первоначальной настройке прибора при продувке ее чистым воздухом. Этот сигнал запоминается контроллером и затем используется при обработке сигналов измерительной информации.

Использование микропроцессорной техники позволяет также сохранять результаты измерений в памяти ЭВМ, корректировать алгоритм работы прибора в случае необходимости без переделки конструкции прибора, упрощает использование газоанализатора, так как программа производит самодиагностику и подготовку прибора к работе, а также осуществляет управление процессом измерения.

УДК 621.311

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.А. КРАЙНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Разработка системы информационной поддержки принятия решений о выборе управляющих воздействий по предотвращению аварийных ситуаций в условиях малого объёма и недостаточной точности информации о состоянии электрооборудования электрических сетей на основе мониторинга ресурсного параметра является актуальной задачей.

Быстрый рост уровня сложности современных технических систем, разнообразие выполняемых операций приводят к тому, что обеспечение надёжности становится исключительно важным для успешного

функционирования современного предприятия. Совокупность оборудования энергообъекта, ответственных устройств и их соединений составляют вместе сложную систему, объединенную на различных уровнях функциональными, информационными и физическими связями, и индивидуальную для каждого энергообъекта.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью использования системного подхода для повышения надежности, безопасности и экономичности ответственного электротехнического оборудования.

При этом научной новизной проекта является разработка и постановка задач обработки информации о текущем состоянии электрооборудования и прогнозировании процессов его деградации.

Перспективы использования программной реализации предлагаемой системы в виде независимого программного приложения позволят использовать ее как средство контроля и обработки данных при энергетических обследованиях, а также как инструмент для проведения анализа и предсказания эксплуатационных характеристик электрооборудования.

Применение принципа совместимости в совокупности с методом неразрушающего контроля на этапе получения данных позволит в перспективе использовать систему для комплексного мониторинга оборудования энергетических объектов различного уровня и перейти на современную систему обслуживания электрооборудования по техническому состоянию.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ АТМОСФЕРЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Г.Ф. НИЗАМОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время беспроводная передача данных становится основным направлением развития передачи информации. Бурное развитие сетей этого класса, объясняется наличием целого ряда присущих им достоинств, такие как высокая скорость передачи информации, удобство использования, быстрота реализации и отсутствие затрат на прокладку дорогостоящих кабелей.

Система передачи информации состоит из трех основных частей: передающего устройства, приемного устройства и промежуточного звена - соединяющей линии. При распространении радиоволн по естественным трассам, среда является тем звеном радиосистемы, которое практически не поддается управлению. Поэтому изучение строения и свойств атмосферы, а также закономерностей распространения радиоволн в ней способствует выработке новых автоматизированных подходов к разработке более совершенного оборудования.

При проектировании прибора мы учли все основные факторы влияния на прохождение радиоволн в атмосфере и получили прибор, способный моделировать траекторию волны в зависимости от вводимых параметров, что позволяет непосредственно применить его для определения важнейших параметров антенн, в зависимости от тех или иных атмосферных условий.

В качестве компьютерного инструмента был выбран программный комплекс LABVIEW.

УДК 628.161.1:681.3

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ

И.С. СЕЛЬСКАЯ, А.В. САДРИЕВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.К. БУДНИКОВА

Контроль качества воды является актуальной задачей.

По данным Всемирной организации здравоохранения ежегодно в мире из-за низкого качества воды умирает около 5 млн. человек. Инфекционная заболеваемость населения, связанная с водоснабжением, достигает 500 млн. случаев в год.

Это даёт основание назвать проблему водоснабжения доброкачественной водой в достаточном количестве одной из главных проблем человечества.

Более того, в мировой практике доступность и качество питьевой воды являются одной из главных составляющих в оценке экологического благополучия любого региона.

Можно выделить две типичные задачи: ежедневный мониторинг и контроль, контроль после ЧП. Обычно исследования проводятся следующим образом.

Берутся пробы воды, далее, исходя из текущего типа контроля, проводятся соответствующие анализы на содержание в воде различных веществ и бактерий. Данные обрабатываются, и на основе полученных результатов делается вывод о качестве воды. Обработка может проводиться как вручную, так и в автоматическом режиме. В данной работе мы хотим показать использование программы STATISTICA для организации мониторинга и контроля качества воды.

Карты контроля качества позволяют организовать мониторинг качества воды в любых масштабах: будь то целый материк, город или небольшое предприятие. Данный инструмент вместе с другими анализами, реализованными в STATISTICA, позволяют не только обнаружить факт выхода качества воды за нормативные рамки, но и предсказать заранее возникновение такого события. Кроме того, инструментарий STATISTICA поможет провести комплексный анализ причин возникновения такого рода «тревог» и принять верное решение для улучшения качества воды в целом.

УДК 517.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

А.Т. САЛИХОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Выработка многих уникальных и высокопродуктивных месторождений выдвигает на передний план разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами в скважинах с высокой геологической неоднородностью. В таких случаях необходимо моделирование процесса фильтрации в скважинах, выяснение физических характеристик скважины и, в целом, оценка эффективности добычи нефти.

Основными уравнениями для моделирования процесса фильтрации являются уравнения движения жидкости в пористой среде, которые представляют собой систему уравнений в частных производных первого порядка. Главным из этих уравнений является уравнение неразрывности. Для уравнения неразрывности в данной работе составлена разностная схема, аппроксимирующее уравнение неразрывности с точностью $O(\tau + h)$.

Решение полученного разностного уравнения реализовано в виде программного модуля в среде программирования Delphi. Мощность и гибкость языка программирования Delphi – безусловное его достоинство. Delphi отличают строгая типизированность, позволяющая компилятору еще на этапе компиляции обнаружить многие ошибки, а также средства работы с указателями. С помощью программы проведен численный эксперимент для выяснения устойчивости разностной схемы в зависимости от физических параметров скважины: вязкости флюиды, сжимаемости среды, сжимаемости флюиды, коэффициента пористости. Определены границы изменения физических параметров, при которых разностная схема остается устойчивой.

В процессе моделирования можно выяснить также влияние, на полученное решение, начальных условий. В результате чего, можно дать предварительную оценку эффективности разработки нефтяной скважины.

Данная работа выполнена автором полностью самостоятельно.

Результаты работы могут быть использованы для моделирования процесса фильтрации с конкретными физическими параметрами.

УДК 621.314.212

ВЛИЯНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ НА РАБОТУ ТРАНСФОРМАТОРА

В.В. РУДОЗУБ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Контроль состава рабочих жидкостей позволяет поддерживать показатели жидкости в соответствии с нормами и, следовательно, способствует увеличению срока службы маслonaполненного оборудования.

Поэтому необходимо производить физико-химический анализ характеристик масла и приводить их в соответствии с нормами.

Под воздействием электрического поля трансформатора высокого напряжения в изоляционном масле происходят необратимые процессы расщепления жидких углеводородов масла с образованием большого числа газообразных компонентов, которые могут растворяться в трансформаторном масле, изменяя его состав и снижая его характеристики.

Газообразные продукты, выделившиеся из трансформаторного масла, накапливаются в изоляции в виде газовых включений. Процессы ионизации в них могут вызвать образования электрических разрядов. Такие разряды в газовых включениях приводят к пробое изоляции трансформаторного оборудования электростанций.

Поэтому необходимо производить физико-химический анализ характеристик масла и приводить их в соответствии с нормами.

Хроматографический анализ наиболее эффективный способ позволяющий определить наличие в трансформаторном масле водорода, оксидов углерода, газообразных углеводородов и других газов.

Присутствие в трансформаторном масле этих газов указывает на наличие нарушения в маслonaполненном электрооборудовании.

Отсутствие признаков повреждения по результатам контроля дает возможность отказаться от необходимости в межремонтный период измерять сопротивление и диэлектрические потери изоляции, а также исключает возможность снижения надежности работы сети и дополнительные расходы при применении измерительной аппаратуры, нет необходимости в отключении трансформатора для определения изоляционных характеристик.

УДК 53.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ ЛАПЛАСА И ПУАССОНА

К.С. ОСТРОУМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. Е.С. БЕЛАШОВА

В работе исследовалось распределение электрического потенциала внутри некоторой области с заданным потенциалом на системе границ G .

Задавался потенциал $V|_G = \Psi(\vec{r})$ на границе G области и вычислялся потенциал $V(\vec{r})$ в любой точке области, которая не содержит зарядов. Прямой метод нахождения $V(\vec{r})$ основан на решении уравнении Лапласа, которое в декартовых координатах имеет вид

$$\square^2 V(x, y, z) \equiv \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

и справедливо для тех областей, где нет зарядов.

Если же в области имеются заряды, распределенные с плотностью $\rho(x,y,z)$, то нужно используется уравнение Пуассона

$$\Delta^2 V(\mathbf{r}) = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \frac{\rho(\mathbf{r})}{\epsilon_0} \quad (2)$$

Алгоритм моделирования основан на форме уравнений Лапласа и Пуассона, который в двумерном случае имеет вид

$$V(x, y) \approx \frac{1}{4} [V(x + \Delta x, y) + V(x - \Delta x, y) + V(x, y + \Delta y) + V(x, y - \Delta y)] + \frac{1}{4} \Delta x \Delta y \frac{\rho(x, y)}{\epsilon_0}, \quad (3)$$

где $\epsilon = 0$ и 1 соответственно для уравнений Лапласа и Пуассона. На использовании формулы (3) базируется так называемый *метод релаксации*, применяемый для определения потенциала во внутренних точках области, когда задано его распределение на границах. В работе представлены результаты, полученные в численных экспериментах, позволяющие исследовать распределение потенциала внутри области интегрирования произвольной формы. Кроме того, уравнения Лапласа и Пуассона описывают такие разные объекты, как статические прогибы упругих мембран, безвихревое течение жидкости, а также используются в других областях физики и техники.

УДК 519.2

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ БИЛЛИНГОВ

М.В. СИМОНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В работе представлен один из видов многомерного статистического анализа – кластерный анализ. Проведено исследование, в котором рассматривается применение разного сочетания метрик и алгоритмов кластерного анализа к детализации телефонных переговоров. Актуальность задачи заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы при разработке новых тарифов и предложений в мобильной связи.

Биллинг – это зафиксированные параметры событий, произошедших с объектом исследования за определенный период времени.

Таковыми объектами могут быть:

- телефон, где событием является входящее или исходящее соединение;
- сотовые телефоны, где событием являются SMS-сообщения;
- интернет-соединения, где событием является соединение с поставщиком услуги;
- другие объекты.

Для телефонного номера зафиксированными параметрами события являются дата, время и длительность соединения, номер телефона, с которым произошло соединение и т.п.

Детализации телефонных переговоров в зависимости от компании имеют разные структуры, в которые часто вводят сложные правила и зависимости, из-за чего невозможно создать инструментарий, позволяющий автоматически обрабатывать все возможные типы структур.

На основе алгоритма кластеризации в работе выделены следующие основные этапы: изменение исходных данных, принятие решений, анализ полученных результатов. В общем случае, все эти этапы взаимосвязаны, и решения принятые на каждом из них взаимообуславливают друг друга.

Проведена кластеризация исследуемых объектов с применением различных комбинаций метрик в программном комплексе *Statistica*. В зависимости от режима анализа информация выдается на экран двумя способами отображения: графом и диаграммой длительности телефонных переговоров.

Кластерный анализ позволяет существенно снизить трудозатраты в процессе обработки значительных массивов информации и решить задачи классификации и выделения похожих групп объектов.

УДК 621.3:16

СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ИНФОРМАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ

А.Ф. ХАМИТОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Процессы, происходящие в электрооборудовании (ЭО), описываются сложными соотношениями и характеризуются величинами, зависящими как от времени, так и от пространственных координат.

Однако такое описание является слишком общим и практически неприемлемым при исследовании и анализе сложного ЭО. Необходимые упрощения достигаются путем представления ЭО как цепей с сосредоточенными компонентами. При этом ЭО характеризуется двумя основными показателями: набором элементов и способом их соединения.

Для создания алгоритма диагностирования ЭО удобно применить теорию графов. Для решения данной задачи составляется диагностическая модель в виде графа, и соединяются ребрами все элементы ЭО. При этом каждый элемент на графе соответствует элементу ЭО. Диагностирование осуществляется по состоянию информационных элементов, которые располагаются на нулевом ярусе. Если элемент исправен, то ему присваивается значение «1», если не исправен, то «0». Если выходит из строя, какой-то функциональный блок, то тестируем только те элементы, которые входят в него, исключая элементы, техническое состояние которых можно оценить визуально без специального оборудования (например, светодиоды, индикаторы, и т.д.). Если выходит из строя несколько функциональных блоков, то используя специальные алгоритмы, определяют общие элементы, влияющие на работоспособность данных функциональных блоков. При этом находят область пересечения графа, где в области поиска будут находиться отказавшие элементы. Для нахождения отказавших элементов в области поиска могут использоваться методы половинного разбиения, методы половинного разбиения или метод ветвей и границ.

На основе модели функционально-логической граф-схемы была смоделирована система сбора и обработки информации на основе программного пакета LabView, которая позволяет оценивать состояние ЭО по таким параметрам как, частота, напряжение, помехи, сопротивление, сила тока и т.д. исходя из состояния информационных элементов.

УДК 621.311

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LabVIEW

Р.С. ШИБАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Актуальность проблемы виброакустической диагностики диктуется необходимостью организации оперативного безразборного контроля технического состояния электрических машин по существу на всех стадиях их жизненного цикла и особенно, решение этой проблемы является важной, на этапе эксплуатации и ремонта. В рассматриваемой технологии источником достоверной информации о техническом состоянии электрической машины является виброакустический сигнал, изменения свойств которого коррелированы с изменением параметров технического состояния. При этом особенно чувствительной виброакустическая диагностика является к структурному изменению параметров.

Предложенная система мониторинга технического состояния электрических машин, предназначена для непрерывного измерения вибрационных параметров, к которым относятся абсолютные вибрации, обороты вала и линейные перемещения, а также оценку корректирующих масс несбалансированного ротора электрической машины, и их хранения для дальнейшего анализа. Для измерения вибрационных параметров используются цифровые датчики вибрации, датчики вращения. Предлагаемая система отличается от аналогов использованием современной базы, исчерпывающим набором измеряемых параметров, высокой точностью. Новизна при решении данной задачи заключается в разработке виртуального прибора для мониторинга основных виброакустических параметров на основе измерительной технологии LABVIEW, что позволяет обеспечивать системами более высокого уровня и осуществлять прием информации от других измерительных систем по любому из стандартных интерфейсов. Актуальность этой работы заключается в определении технического состояния, в зависимости от чего можно планировать технический ремонт электрических машин. При таком контроле нет необходимости полностью разбирать установку.

Это позволяет за счет ликвидации необоснованных переборки сокращающих ресурс, продлить срок службы электрооборудования и уменьшить стоимость эксплуатации за счет экономии рабочего времени и запасных частей. Практическая значимость представляемой разработки может быть использована для мониторинга виброакустических параметров в электродвигателях, роторах, на ГЭС, АЭС, в газотурбинных установках и т.д.

УДК 621.38

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА НЕБАЛАНСА РОТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р.З. АХМЕТЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

Целью и задачей работы является разработка системы контроля и мониторинга небаланса ротора электрических машин в условиях эксплуатации с использованием программного пакета LabVIEW.

Известно, что с развитием научно технического прогресса, скорости вращения деталей машин возросли до нескольких десятков, а в некоторых случаях и до сотен тысяч оборотов в минуту.

При таких скоростях даже незначительный небаланс ротора может привести к выходу из строя и даже аварии эксплуатируемого электрооборудования.

Чтобы предотвратить такую возможность, необходимо обнаруживать и идентифицировать все потенциально аварийно-опасные дефекты на ранней стадии развития, когда необратимое изменение состояния будет зафиксировано системой мониторинга. Именно такую задачу можно будет решать с помощью предлагаемой системы контроля и мониторинга, которые для каждого вида дефекта используют свои диагностические признаки, позволяющие своевременно его обнаружить.

Система мониторинга и диагностики с использованием программного пакета LabVIEW в полной мере позволяет использовать свои возможности для диагностики узлов роторного электрооборудования. Разрабатываемая система ориентирована, прежде всего, на массовое диагностическое обслуживание и контроль роторного электрооборудования, обеспечивающее практический переход на ремонт электрооборудования по фактическому состоянию.

Необходимая для этого автоматизация процессов постановки диагноза и прогноза является основной отличительной особенностью системы, позволяющей снизить затраты на мониторинг и диагностику за весь жизненный цикл электрооборудования.

Для каждой машины можно будет провести сравнение общих уровней вибрации с установленными в стандартах нормами или с базовыми значениями вибрационных характеристик.

Основное достоинство этой системы заключается в том, она будет иметь удобный пользовательский интерфейс, что не требует затрачивать много времени на подготовку к контролю электрооборудования.

УДК 621.38

РСІ – БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ИОНОЗОНДА «ЦИКЛОН». АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

К.М. ЮСУПОВ, КГУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. А.Д. АКЧУРИН

В Казанском государственном университете на протяжении нескольких десятилетий ведутся исследования ионосферы с использованием комплекса ионосферного зондирования «Циклон». Ионозонд состоит из пяти основных блоков: передатчика, генератора (возбудителя передатчика), приемника, платы сбора информации и блока управления. В настоящее время управление периферийными устройствами установки осуществляется ЭВМ посредством ISA совместимого блока управления (БУ), состоящего из трех плат.

Недостатки блока управления на шине ISA связаны с тем, что в настоящий момент ЭВМ с тремя слотами ISA – редкость (исключая промышленные компьютеры); некоторые платы блока управления выполнены навесным монтажом, из-за чего ремонт плат значительно усложняется. Кроме того, существующий БУ не имеет общего тактового генератора: свои кварцевые генераторы установлены и у генератора синусоидальных сигналов и у платы сбора информации, что приводит к нежелательному фазовому дрейфу при измерениях. В данном БУ отсутствует также привязка к шкале времени, что не позволяет производить наклонное зондирование ионосферы.

Для исправления указанных недостатков был разработан и изготовлен новый блок управления, для которого в качестве управляющей была выбрана шина РСІ.

Функционально новый БУ похож на предшествующий, но в нем появились дополнительные узлы: формирователь-распределитель тактовых сигналов, узел запуска сеанса зондирования по внешнему одностороннему сигналу.

Анализ работы на предшествующем БУ показал, что для большей стабильности работы, необходимо заменить первый гетеродин приемника «Катран» на другой, менее подверженный воздействиям импульсов передатчика. Пробные испытания показали, что такой генератор может быть выполнен на основе интегральной микросхемы прямого цифрового синтеза частот AD9851 (ПЦСЧ или DDS, как принято обозначать в западной литературе). Ранее в старом БУ была использована одна ПЦСЧ микросхема – AD9850 в качестве возбудителя передатчика. Теперь же необходимо поставить еще одну ПЦСЧ микросхему, работающую в качестве первого гетеродина «Катрана». Ее диапазон частот должен быть выше частоты излучения на частоту первой ПЧ (т.е. на 35,785МГц).

УДК 546.07

ГАЗО-ГИДРО-ДИНАМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

Р.Р. ИБРАГИМОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук О.Г. ЧУДАКОВА

Чаще всего пыль может быть настолько мала, что визуально ее не замечают, и нахождение частиц пыли в воздушном пространстве могут показать только приборы. Необходимо отметить, что контроль атмосферы цеха необходимо проводить до внедрения очистительного аппарата воздуха и после, тем самым будет показана наибольшая эффективность предложенного газо-гидро-динамического датчика.

Для контроля запыленности цеха и контроля чистого воздуха из циклона мы предлагаем разместить недорогой датчик, который будет отслеживать чистоту воздуха в цехе.

Литературный анализ данных, что в России пока не было предложено внедрить специфический датчик для контроля пыли в цехе мукомольного производства непосредственно, или же на выходном потоке чистого воздуха из аппарата, которым может являться циклон сухого типа.

В разработанном мною датчике в качестве чувствительных элементов используется тензометры, которые собраны по мостовой схеме, подключены к входам измерительного блока, и в котором осуществляется компенсация дрейфа нуля и компенсация изменения расхода газа. Одновременно упрощается процесс проведения измерения, и сам процесс производится непрерывно.

Пылевой газо-гидро-динамический датчик является компактным и не требует сужения трубы.

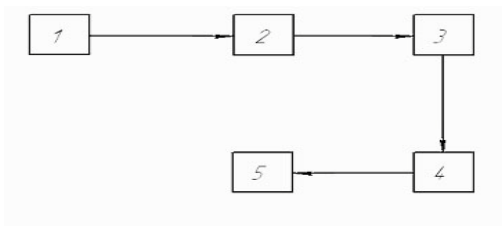


Рис. 1а. Блок схема ГГДД:
1 – датчик, 2 – мост,
3 – усилитель, 4 – АЦП,
5 – ПК

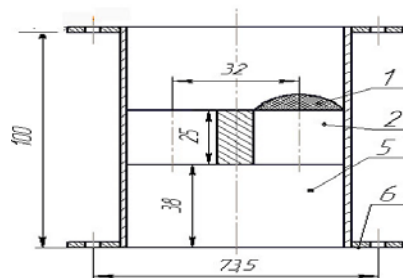


Рис. 1б. Газо- гидро- динамический датчик:
1 – сеточка, 2 – датчик,
5 – трубопровод, 6 – заглушка

СЕКЦИЯ 3. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.315.926

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ФАЗНЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

И.Ю. ИВАНОВ, (ф) ОАО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана

В России традиционно в качестве основной быстродействующей защиты воздушных линий электропередачи при всех видах КЗ используется дифференциально-фазная защита (ДФЗ).

Принцип действия ДФЗ основан на сравнении фаз токов по обоим концам защищаемой линии, получаемых от комбинированных фильтров токов $I_1 + kI_2$. Фаза токов передаётся по защищаемой линии с одного её конца на другой посредством токов высокой частоты по каналу, в качестве которого используется защищаемая линия.

По условиям применения ДФЗ можно разделить на две группы:

- 1) без компенсации ёмкостных токов;
- 2) с компенсацией ёмкостных токов.

К первой группе относятся ДФЗ, используемые на ВЛ 110-750 кВ сравнительно небольшой протяжённости, ко второй группе – ДФЗ на ВЛ 500-750 кВ большой протяжённости, где необходима компенсация ёмкостных токов.

ДФЗ без компенсации ёмкостных токов является чисто токовой защитой, за что её предпочитают во многих энергосистемах.

Используются следующие токовые пусковые органы для пуска ВЧ сигнала и подготавливающие цепи отключения:

- по току обратной последовательности;
- по приращению векторов тока прямой и обратной последовательности;
- по разности фазных токов.

ДФЗ без компенсации ёмкостных токов в качестве основной защиты обладает неоспоримым преимуществом, поскольку резервные защиты (ДЗ и ТНЗНП) при неисправности цепей напряжения не работают.

Применение ДФЗ и отдельной резервной защиты в сетях 110–330 кВ создаёт полноценное ближнее резервирование защиты. Это исключено в случаях с ВЧ блокировкой, когда отдельная резервная защита не предусматривается, а ряд элементов и цепей схемы ВЧ блокировки являются общими. Использование ДФЗ в качестве основной защиты, а ДЗ и ТНЗНП как резервных позволяет реализовать их на разных принципах.

На ВЛ-500 кВ и выше ДФЗ второй группы теряет своё важное преимущество только токовой защиты, поскольку необходимы цепи напряжения для реализации компенсации ёмкостных токов.

Это мероприятие повышает чувствительность защиты при КЗ на защищаемой ВЛ, т.к. при расчётах уставок по току срабатывания пусковых органов не учитывается отличие токов по концам линии при внешних КЗ на величину ёмкостного тока ВЛ.

В случае нарушения цепей напряжения с одного конца ВЛ, в соответствующем полукомплекте ДФЗ отключается устройство компенсации ёмкостного тока, и, в соответствии с величиной ёмкостных токов ВЛ, увеличивается ток срабатывания пускового органа, действующего на подготовку цепей отключения, и одновременно увеличивается ширина зоны блокирования защиты для обоих полукомплектов.

Указанные мероприятия обеспечивают согласование в действии обоих полукомплектов устройства при всех видах внешних повреждений. Поэтому основная защита ВЛ, с некоторым ухудшением чувствительности к повреждениям на защищаемой линии, при неисправностях в цепях напряжения остаётся в работе.

УДК 621.316.925

АНАЛИЗ И ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ПЕРЕХОДНЫХ ТОКОВ ВКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Н.Г. ТИМОФЕЕВА, Е.Я. АРСЕНТЬЕВА, А.Е. МАКСИМОВ,
ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.М. ДМИТРЕНКО

Применение микропроцессорных технологий обработки сигналов повышает качество функционирования дифференциальных защит силовых трансформаторов, для которых одним из основных звеньев обработки информации является дискретное преобразование Фурье (ДПФ). АЦП осуществляет над непрерывным сигналом операции дискретизации по времени и квантования по уровню. В данном исследовании $T_d = 1$ мс при числе отсчетов $N = 20$ за условный период $T_0 = 20$ мс.

Использование ДПФ возможно для представления неперiodических сигналов. Модель микропроцессорного устройства реализована в отложенном времени. Рассмотрение отнесенных к основной второй и третьей гармоник показало, что использование информативного параметра $a_{2*} + a_{3*}$ повышает примерно в 1,5 раза разрешающую способность алгоритма. Динамика процесса благоприятная. Время срабатывания защиты не менее T_0 . Дальнейшая цель – добиться блокировки защиты при основании импульсов БНТ $D = 270^\circ$ и продолжить исследования в части рассмотрения других переходных режимов работы силовых трансформаторов.

По данному вопросу ведутся исследования в США сотрудниками компании «General Electric». В 2002 году ими был получен патент «Усовершенствованный алгоритм отстройки от БНТ», где предлагается вести учет фазовых соотношений между гармониками.

УДК 621.316.925

СИТУАЦИИ, КОГДА МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ РЕАГИРУЮТ МЕДЛЕННЕЕ, ЧЕМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ

Т.Г. ЮМАДИЛОВ, А.С. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. доц. В.М. ЛОПУХОВ

В настоящее время происходит постепенный переход от электромеханических реле к микропроцессорным устройствам релейной защиты (МУРЗ). МУРЗ обладают высоким быстродействием из-за применения современной элементной базы.

Для срабатывания электромеханического или электронного реле мгновенного действия достаточно 5–15 мс, то для микропроцессорного необходимо 30–40 мс (по данным производителя). В реальных условиях часто оказывается, что заявленное производителем в рекламном каталоге быстродействие микропроцессорного реле не обеспечивается и достигает 80–100 мс. Это связано с тем, что в отличие от электромеханического или аналогового электронного реле оно работает с входными величинами дискретно: «захватывает» их текущие значения и запоминает в буфере, затем через определенный промежуток времени «захватывает» еще один комплект значений и сравнивает его с помещенным в буфер. Если второй комплект идентичен первому, входные величины передаются в микропроцессор для обработки. В аварийных переходных режимах ему приходится обрабатывать большие массивы информации в режиме реального времени, при быстрых и значительных изменениях входных сигналов, а для этого необходимо определенное время (иногда сотни миллисекунд). Более того, если уже после запуска микропроцессора ситуация изменилась (например, замыкание на землю одной фазы перешло в двухфазное, а затем и трехфазное), то процесс вычисления прерывается, и все измерения начинаются сначала.

Для повышения надежности рекомендуется включать микропроцессорное и электромеханическое реле параллельно.

УДК 621.31

О ВЫБЕГЕ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ

В.Ю. АЛЕКСЕЕВ, М.К. ПЛЕХАНОВ, Р.З. ЮСУПОВ, УГНТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.А. ШАБАНОВ

На нефтеперекачивающих станциях (НПС) для привода магистральных насосов широко применяются синхронные двигатели (СД). Обеспечение устойчивой работы СД НПС при перерывах электроснабжения является одним из важнейших условий бесперебойного транспорта нефти. При перерывах электроснабжения СД теряют питание и переходят в режим выбега. Исследование выбега СД всегда было и в настоящее время остается актуальным, так как от характера переходных процессов при выбеге зависит успешность самозапуска СД и бесперебойность транспорта нефти.

В процессе выбега СД на НПС можно выделить несколько этапов. Первый этап начинается с момента потери питания. Двигатель на первом этапе остается подключенным к питающей сети при включенном возбуждении. Второй этап – выбег СД, при отключенном выключателе ввода секции шин. Одновременно с отключением вводного выключателя включается гашение поля СД. При отказе системы гашения поля с момента срабатывания форсировки возбуждения начинается третий этап выбега, который может сопровождаться ростом генерируемой ЭДС. При этом время перерыва технологического процесса увеличивается.

Для исследования электромеханических процессов происходящих в синхронном электроприводе при выбеге разработаны математические модели следующих подсистем электротехнического комплекса НПС: электрической сети, средств релейной защиты и автоматики, СД, возбуждательного устройства и магистрального насоса. Модель должна обеспечивать определенную последовательность срабатывания средств релейной защиты, гашения поля и этапов выбега. В СД с массивным ротором необходимо учитывать явление вытеснения тока в роторе. Эффект вытеснения тока приводит к изменению активного и индуктивного сопротивлений эквивалентного демпферного контура.

На модели исследованы переходные процессы при выбеге СД серии СТД.

По результатам исследований получены компьютерные осциллограммы изменения скорости вращения, тока возбуждения и ЭДС двигателя (напряжения на питающих шинах). Были проведены экспериментальные исследования на ряде НПС, во время которых снимались осциллограммы процессов выбега электродвигателей серии СТД при потере ими питания. Исследования показали адекватность математической модели.

УДК 621.316.925

ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ МПЗ

С.В. КУРАКИН, КГТУ им. А.Н. ТУПОЛЕВА, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. А.В. ФЕРЕНЕЦ

В данной работе предлагается создание системы анализа сети электроснабжения предприятия, основанной по принципу направленной дистанционной защиты.

- i – вектор события. Определяется возможностями расчетного программного комплекса (ПК);

- j – вектор координаты. Определяется количеством точек коротких замыканий текущей схемы электроснабжения;

- k – вектор маски. Определяется количеством точек установки защит;

- p – вектор последовательности сопротивления. Определяется режимом нейтрали системы электроснабжения.

Следует заметить, что одна точка короткого замыкания выставляется на одном присоединении при максимальном удалении (КЗ в конце кабельной линии). Также следует заметить, что вектор i разбивается, в частном случае на события: нормальный режим, режим самозапуска нагрузки, трехфазное КЗ начальное, трехфазное КЗ установившееся, двухфазное КЗ начальное и двухфазное КЗ установившееся.

По сопротивлениям полученным из ПК расчета режима строятся характеристики комплексной плоскости.

Точка нахождения сопротивления участка сети анализируется полученной характеристикой. При попадании текущего сопротивления (прямой, обратной и нулевой последовательностей) в «зону срабатывания» единичной ячейке приравнивается значение единицы. После расчета всех ячеек формируется матрицы анализа A . Далее запускается расчет матрицы рейтинга B :

$$b_{i,j} = \sum_{n=1}^k a_{i,j,k}$$

Решение задачи есть нахождение значений i и j , принадлежащие адресу в матрице \mathbf{B} с наибольшим содержимым. Таким образом, определяется событие происшедшее на участке сети. На основе этой информации можно судить о правильности реакции.

УДК. 53.01

ОТКЛЮЧАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОЗДУШНОГО ПРОМЕЖУТКА

М.В. ЛАВРИНОВИЧ, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Я. УШАКОВ

В сетях с изолированной нейтралью при появлении перемежающихся дуговых замыканий на землю возникают перенапряжения. Существует несколько теорий (Петерсена, Петерса и Слепяна, Белякова), описывающих процесс возникающих перенапряжений. Основное отличие между этими теориями заключается в принимаемых априори предположениях условий погасания электрической дуги. Экспериментальных данных, подтверждающих выдвигаемые предположения погасания дуги в воздухе, недостаточно из-за большого разнообразия воздействующих на электрическую дугу факторов (длина воздушного промежутка, степень неоднородности электрического поля между электродами, амплитуда тока дуги, частота колебаний тока дуги, скорость подхода тока дуги к нулю и др.). Отсутствие данных по погасанию электрической дуги в воздухе затрудняет моделирование процессов перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью.

Одним из важных параметров, который определяет возможность погасания электрической дуги, является скорость прохождения тока электрической дуги через ноль, которая в условиях одночастотного колебательного контура зависит от амплитуды и частоты отключаемого тока цепи. В связи с этим была поставлена цель – экспериментально определить влияние скорости перехода тока электрической дуги в воздухе через ноль на отключающую способность воздушного промежутка, т.е. получить зависимость амплитуды отключаемого тока от его производной di/dt при прохождении тока через ноль.

Исследования проводились на специально созданной установке, которая состояла из генератора импульсных токов на основе конденсаторной батареи, разряжаемой на воздушный промежуток и катушку индуктивности.

Полученные экспериментальные данные (более 300 опытов) позволили сделать выводы:

1. Отключающая способность воздушного промежутка без активного воздействия на электрическую дугу не более 8 А.

2. В воздухе, также как и в вакууме, наблюдается явление среза тока, которое возникает при подходе тока к нулевому значению. Срез тока вызывает перенапряжение (из-за присутствия индуктивного элемента в цепи колебательного контура), которое способствует повторному пробую и продолжению горения дуги.

3. При моделировании перемежающейся дуги необходимо учитывать отключающую способность воздушного промежутка и конкретные параметры электрической сети, влияющие на условия погасания дуги.

УДК 621.316.925

О НЕДОСТАТКАХ ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ АВТОМАТИК КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-3

С.Б. ПЕТРУХИН, КТЭЦ-3, г. Казань

Комплекс частотных автоматов Казанской ТЭЦ-3 состоит из устройств автоматической частотной разгрузки (УАЧР) и частотной делительной автоматики (ЧДА), которую в свою очередь можно разделить на автоматику выделения на сбалансированный энергорайон и автоматику выделения на собственные нужды (АВСН) турбогенераторов.

УАЧР делятся на АЧР-110 и АЧР-10 (потребительские ячейки). АЧР-110 работает следующим образом: при понижении частоты в системе до $f = 47,5$ Гц (на IX очереди УАЧР) и до $f = 48,8$ Гц (на XV очереди) срабатывают реле частоты РЧ и запускают реле времени РВ, которые с выдержкой времени $t = 4,0$ сек (на IX очереди УАЧР) или $t = 25,0$ (на XV очереди УАЧР) действуют на выходные промежуточные реле 1РП и 2РП. Выходные реле 1РП действуют на отключение, а 2РП – на запрет АПВ ВГТ-110кВ присоединений ОРУ-110кВ, отключая тупиковые линии – т.е. сбрасывая нагрузку.

УАЧР -10 работает при снижении частоты до 48,9 Гц с выдержкой времени 12 секунд и по II очереди отключает фидера 10, 20, 24,25, которые несут нагрузку 2,5МВт, при быстром снижении частоты до 48,8 Гц по I очереди отключаются те же фидеры, но с выдержкой времени 0,15 секунд.

ЧДА предназначена для сохранения «живучести» станции путем:

а) отделения Казанского энергорайона от системы отключением ВЛ-110кВ «Волна», «Тяговая» и АТ-1,2 при снижении частоты электрического тока в системе до 47 Гц и ниже;

б) выделения генератора 1ГТ на питание секций «1Р» и «0-1» КРУ 6кВ собственных нужд (СН) при снижении частоты в системе до 45 Гц и ниже.

При выводе ТГ-1 в ремонт ЧДА служит для отделения Казанского энергорайона от системы путем отключения и запрета АПВ ВЛ-110кВ «Тяговая», «Волна» и АТ-1,2. АВСН в этом случае выводится из действия.

Приведенный выше краткий анализ работы частотных автоматик Казанской ТЭЦ-3 показывает, что станция теряет все шансы обеспечить сохранение «живучести» при выводе ТГ-1 в ремонт. Это показал инцидент, произошедший 26 декабря 2008 года, когда станция полностью остановилась («села на ноль»). Это показывает, что существующая противоаварийная автоматика ЧДА не справляется с задачей сохранения живучести, поэтому предлагается создать новые алгоритмы АВСН с выделением помимо ТГ-1 и других (другого) турбогенераторов (турбогенератора), которые будут обеспечивать «живучесть» КТЭЦ-3 при выведенном в ремонт ТГ-1.

УДК 621.311

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СТАНЦИИ

А.В. КАЛИНИН, (ф) ОАО «Генерирующая компания» Заинская ГРЭС,
г. Заинск

Науч. рук. А.В. ЕМЕКЕЕВ

Присоединение к современному варианту рынка (НОРЭМ – новый оптовый рынок электрической энергии и мощности) предполагает наличие технических и программных средств учета, позволяющих точно следовать заданному графику генерации (в нашем случае генерации).

Главная цель, преследуемая данной работой – «идеализация» работы генерирующих мощностей электростанции по выполнению требований НОРЭМ, и в нашем понимании это прежде всего точное выполнение диспетчерского графика, так как любые отклонения неизбежно приводят к ухудшению финансового результата.

Цели разработки:

1. Минимизация отклонений фактической выработки электрической энергии и мощности от почасовых объемов, заданных диспетчерским графиком.

2. Предоставление пользователям – оперативному персоналу станции и руководству – удобного доступа к данным системы.

3. Использование расчетных величин, опираясь на которые можно будет анализировать результативность работы станции на рынке.

4. Хранение измеренных и обработанных параметров.

Результат реализации проекта – вычислительный комплекс из 6-и распределенных узлов: узел учета и обработки информации систем коммерческого учета электроэнергии и газа, узел учета и обработки информации оперативно-информационного комплекса (телемеханика), узел учета и обработки информации системы учета тепловой энергии, узел управления работой системой хроматографического анализа газа, узел мониторинга за состоянием оборудования артезианского водозабора и узел учёта и обработки информации системы ХВО.

В процессе реализации представленного проекта для достижения поставленных целей был разработан ряд алгоритмов: алгоритм расчета параметров диспетчерского графика, алгоритм расчета текущей плановой мощности и выработки с начала часа, алгоритм расчета выработки по данным телемеханики (мгновенные значения), алгоритм расчета требуемых корректировок мощности и ряд других методик и алгоритмов.

УДК 621.311

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ОТКЛОНЕНИЙ ТОРГОВОГО ГРАФИКА СУБЪЕКТА НОРЭМ

А.А. КОЗУБ, Д.Л. СПИРИДОНОВ, ТГУ, г. Тольятти
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ВАХНИНА

Задача планирования потребления электрической энергии всегда была важна для правильного расчета бизнес-процессов ее приобретения и расходования, а в данный момент, в связи с новыми экономическими условиями в которых работает российская энергетика, стала весьма актуальной.

По правилам работы на новом оптовом рынке электрической энергии и мощности (НОРЭМ) участники рынка должны формировать планы электропотребления по всем своим группам точек поставки (ГТП). Расхождение фактических значений и запланированных величин может в конечном итоге привести к существенным денежным потерям. Логичным будет предположить, что было бы неплохо иметь возможность расчета и визуализации отклонений этих значений друг от друга для экспертного анализа результатов торгов на РСВ НОРЭМ.

В предлагаемой статье освещен находящийся на этапе разработки технического задания (ТЗ) программный модуль мониторинга отклонений торгового графика, который предназначен для заинтересованных специалистов, непосредственно отвечающих за формирование ценовых заявок на покупку (продажу) электрической энергии на РСВ.

Описание функциональных возможностей и логики действий программного модуля на этапе формирования ТЗ является личным вкладом авторов статьи.

Основные функциональные возможности модуля:

1. Расчет почасовых (среднесуточных) отклонений фактического потребления электрической энергии от планового по каждой ГТП.
2. Формирование сигнала о величине и критичности отклонения потребления электрической энергии.
3. Накопление статистических данных о фактическом и плановом потреблении электрической энергии каждой ГТП субъекта НОРЭМ.

В перспективе, после того как программный модуль будет разработан и будет соответствовать требованиям ТЗ, планируется внедрение его в реальные бизнес-процессы заинтересованных компаний-субъектов НОРЭМ.

УДК 621.372.54

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

К.И. ЕРМАКОВ, ЧГУ им. Н.И. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.А. НЕМЦЕВ

Линии электропередач высокого напряжения – довольно часто повреждаемые элементы энергетической системы. Выход из работы линии сопровождается недоотпуском электроэнергии, снижением надежности и качества электроснабжения.

Поэтому одной из важнейших и актуальных задач ремонтных служб предприятий электросетей является быстрая поиск места повреждения и организация ремонтно-восстановительных работ.

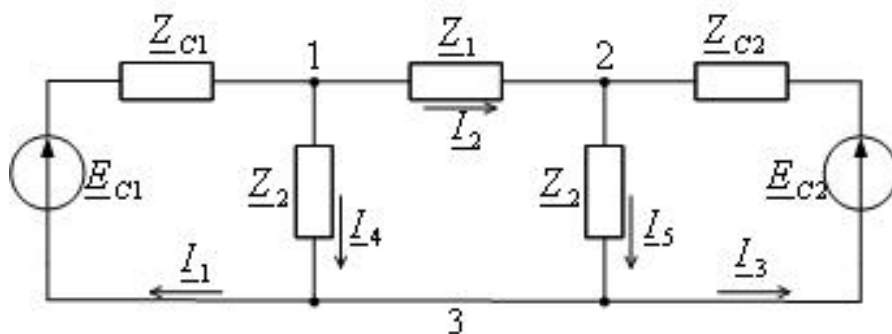


Рис. Схема замещения ЛЭП с двухсторонним питанием

Для линии с распределенными параметрами справедливы формулы:

$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_C \cdot sh(\gamma L); \quad \underline{Z}_2 = \underline{Z}_C \cdot \frac{sh(\gamma L)}{ch(\gamma L) - 1}, \quad \text{где } \underline{Z}_C = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{уд}}{\underline{Y}_{уд}}},$$

$$\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{Z}_{уд} \cdot \underline{Y}_{уд}}$$

В матричном виде можно записать:

$$A = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}; \quad \underline{Z} = \begin{vmatrix} \underline{Z}_{c1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z}_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_{c2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{Z}_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{Z}_2 \end{vmatrix}; \quad \underline{E} = \begin{vmatrix} \underline{E}_1 \\ 0 \\ \underline{E}_2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Соответственно, напряжение в узлах и токи в ветвях рассчитываются по формулам:

$$\underline{U} = (A \underline{Z}^{-1} A^T) \cdot A \cdot (\underline{Z}^{-1} \underline{E}); \quad \underline{I} = \underline{Z}^{-1} (A^T \underline{U} + \underline{E})$$

Зная напряжение \underline{U}_1 и ток \underline{I}_1 можно найти сопротивление линии до места повреждения по выражению:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}$$

Отсюда определяется расстояние до повреждения на линии:

$$L_{кз} = \frac{\underline{Z}}{\underline{Z}_{уд}}$$

УДК 621.315.1

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЛОКАЦИОННОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОБНАРУЖЕНИЯ ГОЛОЛЕДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

С.Г. ВЕДЕРНИКОВ, И.С. ЛАВРЕНТЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук.: д-р физ.-мат. наук, проф. Р.Г. МИНУЛЛИН;
канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Г. МУСТАФИН; асс. Э.И. ЛУКИН

Работа посвящена разработке автоматизированного локационного программно-аппаратного комплекса для раннего обнаружения гололедных отложений на воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) с целью их предохранения от технологических отказов и разрушений под тяжестью гололедных масс.

Импульсный сигнал при локационном зондировании ЛЭП при наличии на ней гололедных отложений претерпевает определенные изменения. Это обусловлено изменением диэлектрической проницаемости ϵ пространства между проводами линии при появлении гололеда. При этом увеличивается емкость C между проводами линии. Увеличение C вызывает уменьшение скорости распространения сигнала по линии. При этом возникает дополнительное запаздывание импульса во времени из-за уменьшения скорости распространения сигнала и уменьшения амплитуды (затухание) из-за возрастания потерь в диэлектрике (гололедные отложения) вследствие его нагрева.

Следовательно, при появлении гололеда импульсы, отраженные от неоднородностей линии, будут претерпевать дополнительное запаздывание по времени прихода и дополнительное уменьшение амплитуды. Проявление этих факторов используется как критерий обнаружения гололедных образований.

Данный принцип реализован в устройстве, основными узлами которого являются:

- цифровой осциллограф Signal 6501-USB служит для получения рефлектограмм, а встроенный в него генератор является источником зондирующих импульсов;

- импульсный усилитель для увеличения амплитуды выходного сигнала;

- программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать процесс контроля за образованием гололедных образований на ЛЭП.

Разработанное устройство раннего обнаружения гололеда на ЛЭП реализует локационный принцип и отвечает требованиям оперативности, высокой чувствительности, надежности, отсутствия дополнительного телемеханического канала, возможности автоматизации измерений и относительной дешевизны.

УДК 621.315.1

ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ЛОКАЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

С.Г. ВЕДЕРНИКОВ, И.С. ЛАВРЕНТЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. асс. Э.И. ЛУКИН

При контроле состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35, 110 кВ локационным методом, рефлектометр подключается к ВЧ каналу связи, который предназначен для передачи сигналов релейной защиты (РЗ), автоматики, телемеханики (ТМ) и связи. Указанный фактор во многом определяет особенности данного метода, т.к. ВЧ сигналы для локационного зондирования являются помехами, с которыми необходимо бороться.

Основным методом борьбы с помехами является цифровое накопление сигнала. Сущность этого метода заключается в том, что для одной и той же ситуации считывают несколько рефлектограмм и после их суммирования вычисляют усредненную рефлектограмму. В связи с тем, что случайные помехи носят асинхронный характер, после усреднения их уровень снижается по сравнению с отраженными импульсами. Но, как показала практика, значительно снизить уровень ВЧ помех, вносимых устройствами РЗ, автоматики, ТМ и связи, данным методом не всегда удается даже при использовании значительных временных интервалов для накопления рефлектограмм.

Тот факт, что частоты, используемые для приема-передачи ВЧ сигналов, заранее известны и являются паспортными данными используемого оборудования, позволил применить цифровую фильтрацию рефлектограмм, основанную на алгоритме дискретного (быстрого) преобразования Фурье.

Сущность предложенного метода заключается в том, что после считывания рефлектограммы выполняют прямое дискретное преобразование Фурье, тем самым переходя от временного представления сигнала к частотному. Далее из спектра рефлектограммы «вырезают» необходимые частотные интервалы и выполняют обратное преобразование. После данной процедуры в сигнале будут отсутствовать помехи, вносимые на «вырезанных» частотах.

Результаты применения цифровой фильтрации на основе предложенного метода показали высокую эффективность подавления помех на заранее известных частотах и высокое быстродействие по сравнению с цифровым накоплением рефлектограмм. Возможно также применение этих методов в совокупности, что приведет еще к большей эффективности выделения полезного сигнала на фоне помех при умеренных временных затратах.

УДК 621.315.1

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОММУТАТОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Р.В. ПАДИСОВ, Ю.В. ПИСКОВАЦКИЙ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. **Р.Г. МИНУЛЛИН**

Последнее десятилетие развитие электроэнергетики характеризуется бурным использованием технических разработок на основе микропроцессорной техники. Это связано с ее всеобщей доступностью, сравнительной простотой в освоении, а также дешевизной. Следствием этого является внедрение большого числа микропроцессорных устройств в системы автоматизации объектов электроэнергетики.

Одной из важных задач оперативных, диспетчерских и ремонтных служб энергосистемы является поиск мест повреждений на линии электропередачи (ЛЭП), а так же автоматизация данного процесса и вывода результатов на дисплей компьютера дежурного персонала.

Существует много методов определения места повреждения (ОМП), одним из них является локационный метод. Он основан на измерении времени пробега искусственно создаваемого электрического зондирующего импульса от места подключения локатора до места повреждения и обратно.

Реализация такого метода ОМП возможна на сравнительно простых микроконтроллерах. В качестве ядра проектируемой микропроцессорной системы используется стандартное отладочное устройство STK500 на основе микроконтроллера ATmega16.

Управление процессом коммутации осуществляется программным способом через программное обеспечение codevision. Отладка программы происходит в пакете AVR studio.

УДК 621.3.017.71

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ И ОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ФЛУКТУИРУЮЩИХ РЕФЛЕКТОГРАММ ОБНАРУЖЕНИЯ ГОЛОЛЕДА

А.О. МОРЯШОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.М. ЧАБДАРОВ

Излагается методика статистического синтеза и анализа оптимального обнаружения и различения основных типов гололеда на ЛЭП локационным методом.

Используются иллюстративные упрощенные модели флукутирующих рефлектограмм, построенные на основе известных экспериментальных данных для двух типов i гололедно-изморозевых отложений, ($i = 1$) и ($i = 2$), а также при их отсутствии ($i = 0$).

При каждом из случайно возникающих типов гололеда случайные разбросы его геометрических и радиофизических параметров $\vec{\rho}$ приводят к случайным флукутиациям коэффициента передачи $k_i(\vec{\rho}_i)$ контролируемой ЛЭП. Далее принято $\vec{\rho}_i = \{b_i, l_i\}$, $i = \overline{0,2}$, т.е. учитывается лишь влияние разных толщин b_i гололеда и удлинения проводов l_i .

Влияние гололедных участков разных типов $i = \overline{0,2}$ учитывается умножением амплитуды A_u излученного передатчиком импульса $A_u R(t)$ на соответствующий коэффициент передачи с гололедом: $A = A_u k(l_i, b_i)$, а флукутиации характерных форм $R_i(t)$ результирующих рефлектограмм с задержками t_i , $R_i(t, t_i)$ – аддитивными шумами среды распространения импульса.

Преобразование исходной случайной величины A_u в ЛЭП со случайным коэффициентом передачи $k_i(b_i, l_i)$ приводит к тому, что наблюдаемый в точке приема отраженный сигнал является случайным процессом со случайными амплитудами, условные плотности вероятности которых при условиях фиксированного типа гололеда и значений его параметров $b_i^{(\Phi)}, l_i^{(\Phi)}$ являются гауссовскими: $\varpi^{(i)}(A/b_i^{(\Phi)}, l_i^{(\Phi)}) = \Gamma\{A; k_i(b_i^{(\Phi)}, l_i^{(\Phi)}) A_n; k_i(b_i^{(\Phi)}, l_i^{(\Phi)}) \sigma_n\}$ $i = \overline{0, 2}$, где A_n есть номинальное значение амплитуды, σ_n учитывает ее флуктуации из-за аппаратурных шумов передатчика: $\sigma_n = A_n$.

Из-за различного характера случайности возникновения параметров гололеда при разных его типах соответствующие условные распределения вероятностей необходимо усреднять с вероятностями $g_i(b_i, l_i)$, что приводит к полигауссовым вероятностным описаниям случайной амплитуды:

$$\varpi^{(i)}(A) = \int \int_{B_i L_i} g_i(b, l) \Gamma\{A; k_i(b, l) A_n; k_i(b, l) \sigma_n\} db dl, \quad i = \overline{0, 2}.$$

Поскольку среда распространения зондирующего импульса $A_u R(t)$ наряду с флуктуациями амплитуд и задержек рефлектограмм также и вносит случайные искажения их характерных форм $R(t) = A \cdot R_i(t, t_{зад.})$, в модели наблюдаемых на входе приемника рефлектограмм следует вводить аддитивные шумовые помехи $n_i(t)$, отражающие случайное разнообразие множества форм реализаций рефлектограмм, специфичных для разных типов гололеда. Таким образом, реализации случайного процесса $U(t)$ представляются в виде:

$$U(t) = A \cdot R_i(t, t_s) + n_i(t) + n_{uu}(t), \quad i = \overline{0, 2}.$$

Характерные для конкретных примеров и статистических экспериментов формы реализаций рефлектограмм без учета $n_{uu}(t)$ приведены на рис.

Для этих модельных примеров синтезирован оптимальный алгоритм обработки наблюдаемой рефлектограммы для различения трех априорных гипотез об отсутствии или наличии описанных ранее типов гололеда. Приводится соответствующее математическое описание алгоритма имитации случайных рефлектограмм с различными вероятностными характеристиками и результаты статистических испытаний.

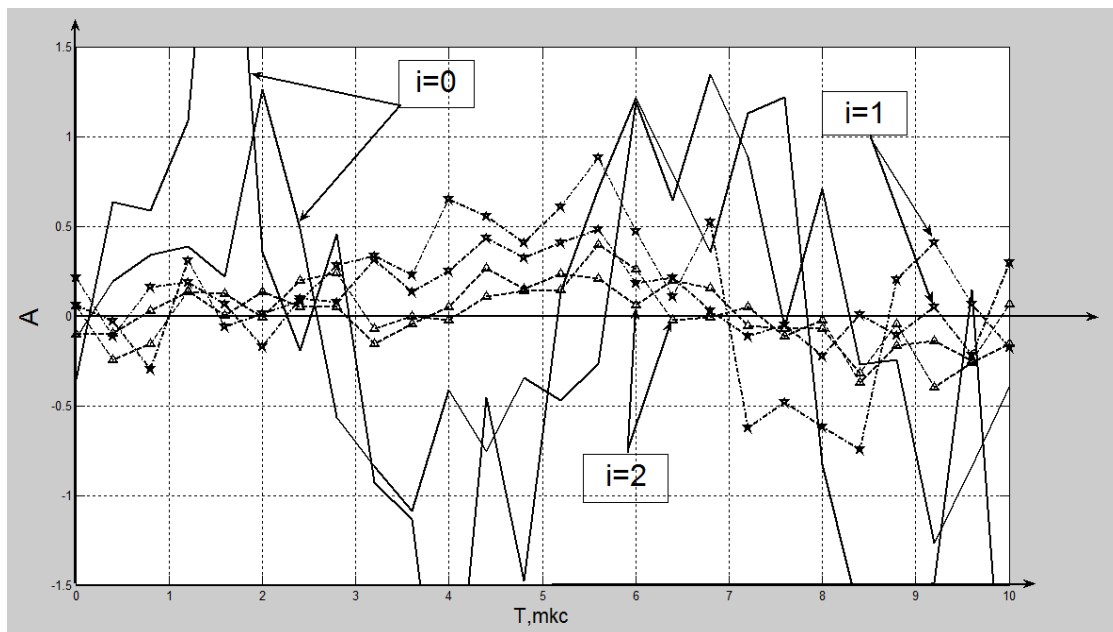


Рис. Формы реализации рефлектограмм

УДК 621.315.1

СОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ЛЭП И ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

М.Ю. ЗАВГОРОДНЕВ, Д.С. ПЕТРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. Р.Т. КАЮМОВ;

асс. Э.Ф. ХАКИМЗЯНОВ

Задачи определения места повреждения линии электропередачи сводятся к методу локационного зондирования импульсным сигналом. Для решения необходимо оценить условия распространения импульсного сигнала в линии электропередачи. В связи с этим предлагается моделирование процессов, протекающих в ЛЭП при ее зондировании импульсами малой длительности.

Предлагается представление ЛЭП и ее высокочастотных элементов в виде эквивалентных схем замещения. Для этого необходимо выполнить математические расчеты электрических схем замещения по законам Кирхгофа и Ома. По результатам расчетов построен график изменения выходного напряжения в зависимости от частоты входного сигнала.

Полученные результаты амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) схем замещения ЛЭП показывают, что ЛЭП представляет собой фильтр низких частот.

Данный вид фильтра характеризуется тем, что высокочастотные составляющие импульсного сигнала будут испытывать большее затухание по сравнению с низкочастотными составляющими.

Расчет коэффициента затухания в ЛЭП гармонического сигнала в зависимости от частоты произведен по методике, предложенной Ю.П. Шкариным.

По рассчитанной эквивалентной схеме замещения фильтра присоединения с конденсатором связи построенная АЧХ, показывает, что полоса пропускания составляет 60 кГц–1 МГц.

Высокочастотный заградитель установлен в рабочий провод линии между шинами подстанции и точкой подключения конденсатора связи и служит фильтром-пробкой для сигналов высокочастотной связи. Рассчитана эквивалентная схема замещения и получена АЧХ высокочастотного заградителя.

По полученным частотным характеристикам устройств высокочастотной обработки ЛЭП, представлена форма импульсного сигнала, отраженного от неоднородностей в виде обрыва или КЗ в любой точке линии.

Результаты данных расчетов представлены в программных средах MathCad, Borland Delphi. Полученные результаты моделирования совпадают с рефлектограммами полученными при зондирование ЛЭП прибором РЕЙС-205.

УДК 621.316.925

МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОДУТЬЕВЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ПУСКОРЕЗЕРВНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ЕЛАБУЖСКОЙ ТЭЦ

А.М. МУБАРАКШИН, (ф) ОАО «Генерирующая компания»

Елабужская ТЭЦ, г. Елабуга

Науч. рук. А.Х. ФАТКУЛЛИН

Электроснабжение Елабужской ТЭЦ и в том числе г. Елабуги осуществляется от ПС «Тойма-2» – единственного источника. Электрическая схема ПС «Тойма-2» имеет классическую схему с двойной системой шин плюс обходная. Но шиносоединительные выключатели «нормально» включены, т.е. образуют кольцо.

Любое короткое замыкание на I цепи потребителя переносится на II цепь, т.е. происходит глубокая «посадка» напряжения. Учитывая время АПВ, время отключения и включения выключателей ВЛ-110кВ, время фактической потери напряжения доходило до $t > 4$ сек.

За отопительный сезон 2007–2008гг. на Елабужской ТЭЦ имело место 5 случаев останова основного оборудования пускорезервной котельной (ПРК) в связи с инцидентами (короткое замыкание и прочее) на ВЛ-110кВ «Тойма-2 – Прикамская». Останов котлов ПРК происходил по факту останова тягодутьевых механизмов (ТДМ ДВ, ДС) действием технологических защит.

Проектная схема управления дымососов и дутьевых вентиляторов была выполнена на переменном токе, на базе магнитных пускателей с катушками на напряжение 220В.

При снижении уровня напряжения при коротком замыкании на ВЛ-110кВ до величины отпускания пускателя $U = 0,7U_n$ пускатель отпадал, механизм отключался и как следствие котел шел на останов.

Первоначально, когда участились случаи кратковременных глубоких «посадок» напряжения, было принято решение ввести задержку на отпадание магнитных пускателей путем включения в цепь пускателя реле типа РП-256, имеющее задержку на отпадание с $t <$ или $= 1$ сек. Данная схема была выполнена на всех 6 котлах ПРК. При этом удовлетворяла работу оборудования при «посадке» напряжения с $t < 1$ сек, при более глубоких по времени «посадках» напряжения, основное оборудование отключалось, что фактически в полной мере не решало указанной проблемы.

В 2008 году было принято решение выполнить модернизацию схемы управления дымососами и дутьевыми вентиляторами с заменой магнитных пускателей на автоматические выключатели типа «Compact NS» фирмы Schneider Electric.

Указанные выключатели позволяют управлять как дистанционно – со щита управления, так и вручную – по месту установки, что особенно важно при наладке и опробованию работы механизмов.

Выключатели типа «Compact» имеют 2 фиксированных положения – «Включено» и «Отключено». Для пуска механизма в работу ключом управления (или кнопкой ручного управления по месту установки выключателя) подается команда «включить» - выключатель включается и остается в этом положении пока не поступит команда «отключить». Таким образом, при снижении уровня напряжения («посадке») выключатель этого не чувствует.

На время «посадки» напряжения незначительно снижаются обороты электродвигателя механизма, что не имеет практического значения. При восстановлении уровня напряжения до номинального, происходит самозапуск электродвигателя, механизм продолжает работать, котел остается в работе.

При более длительном снижении напряжения котел отключится действием технологических защит по «понижению $P_{\text{воздуха}}$ перед горелкой» или по «Положению разрежения в топке котла» (имеется выдержка времени $t = 9$ сек.)

Автоматический выключатель, как коммутационный аппарат имеет также функции защиты от:

- перегруза электродвигателя;
- короткого замыкания в электродвигателе или кабеле.

При этом, если автомат отключился действием указанных защит, накладывается запрет на повторный пуск, т.е. требует разобраться в причинах отключения, устранить и только после этого включить повторно.

Выполнение указанной работы потребовало 100 %-го изменения схемы управления механизмами с включением в схему каждого механизма дополнительно 2-х позиционных реле типа РП-12, изменения диаграмм ключей управления и т.д.

Выводы

1. Модернизация схем управления ТДМ повышает уровень надежности работы основного технологического оборудования ПРК.

2. Исключает потери топлива на повторные пуски котлов.

3. Применение автоматов типа «Compact» актуально для предприятий энергетики не имеющих 2-х независимых источников электроснабжения.

4. Имевший место инцидент, связанный с «посадкой» напряжения в текущем отопительном сезоне (22.11.2008г.) показал эффективность данного мероприятия после его внедрения.

5. Экономический эффект от осуществления мероприятия – 30,9 тыс., при сроке окупаемости 1,3 года.

УДК 621.311:681.3

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ С ИЗМЕРЕНИЕМ МОЩНОСТИ

В.Ф. МИЛОСЕРДОВ, КГЭУ, г. Казань

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

На сегодняшний день компьютерные технологии внедряются во все сферы жизни. Не исключением становится и энергетика, на смену физическим моделям приходят компьютерные. Компьютерные модели более выгодны: компактностью, простотой изменения параметров, информативностью, применением большого спектра действий.

В ходе моей научной деятельности была задействована программа MATLAB. MATLAB представляет из себя суперпрограмму для математических вычислений, создания алгоритмов, моделирования, численного анализа, построения графиков. Для моделирования, симуляции и создания прототипов применяют программу-вкладку Simulink. Для моделирования, симуляции и создания прототипов для среды, связанной с электричеством применяют SimPowerSystems. SimPowerSystems имеет библиотеку powerlib.

Была сделана модель казанского энергорайона по принципиальным схемам. В этой модели реализованы три вида автоматической частотной разгрузки(АЧР): классическая(по изменению частоты), по изменению скорости снижения частоты, по изменению мощности(отключает активную мощность равную дефициту мощности). Проведены опыты с каждым из видов АЧР, сняты осциллограммы, по которым можно сказать, что эффективнее всего АЧР с измерением мощности.

При использовании АЧР с измерением мощности, частота значительно быстрее восстанавливалась, по сравнению с другими видами АЧР, а так же не наблюдалось её большого падения, так как практически сразу отключалась нагрузка равная дефицитной мощности. Что практически исключает «лавину» частоты и «лавину» напряжения.

УДК 621.313.3

СИНХРОННЫЕ ПРОТОКОЛЫ PLC

А. ИСЫХАКЭФУ, КГЭУ, г. Казань

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

Powerline Communications (PLC) – семейство технологий связи, которые основываются на использовании существующей сети электропитания (120 В, 220 В и т. п.) в качестве физической среды распространения информации. Задачей данной работы является увеличение скорости синхронных протоколов PLC связи.

Синхронные с напряжением промышленной сети 0,4 кВ протоколы связи могут быть двух типов:

1) передача сигналов, с синхронизацией момента передачи битов с переходами напряжения промышленной сети 0,4 кВ через 0;

2) синхронизация фазы несущей частоты PLC сигнала с переходами напряжен промышленной сети 0.4 кВ через 0.

Преимущества синхронных протоколов – на стороне приема известны моменты приема битов, известна фаза несущей частоты PLC сигнала.

X-10 – международный открытый индустриальный стандарт, применяемый для связи электронных устройств в системах домашней автоматизации.

Методом увеличения скорости синхронных протоколов будет синхронизация опорного генератора передатчика и приемника на интервале времени нескольких (N) периодов напряжения промышленной сети 0,4 кВ, что даст возможность увеличения скорости передачи в \sqrt{N} раз.

Основной проблемой синхронных протоколов связи является сдвиг фазы напряжения промышленной сети 0,4 кВ при прохождении тока промышленной частоты по линии электропередачи. При больших сдвигах фазы синхронные протоколы связи невозможно осуществить. Сдвиг фазы пропорционален длине и индуктивности линии электропередачи сети 0,4кВ.

Сети 0,4 кВ характеризуются малыми расстояниями, малой погонной индуктивностью линии электропередачи.

Поэтому, при использовании синхронных протоколов PLC в сетях 0,4 кВ, сдвиги фазы напряжения промышленной частоты 50 Гц малы, что позволит использовать синхронные протоколы связи в данных сетях.

Таким образом, развитие протокола синхронной связи X-10 позволит увеличить скорости синхронной связи PLC в сетях 0,4 кВ.

УДК 621.396.44

РЕАЛИЗАЦИЯ КАЛИБРОВКИ ТОКОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ 0,4 кВ

Е.В. ДАНИЛОВ, КГУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. КАРПОВ

Система защиты и управления электросетью 0,4 кВ основана на принципе продольной токовой дифференциальной защиты линии электропередачи. При этом измеряются значения силы тока в начале и конце линии $I_{л1}$ и $I_{л2}$, и по их разности принимается решение об отключении конкретной линии. В системе предусмотрены два основных типа устройств «Центральное устройство» и «Локальное устройство», обменивающиеся данными по линии электросети, используя протокол PLC. Для корректного функционирования системы необходимо с определенной точностью измерять силу тока, а также в процессе работы следить за правильностью показаний измеренных значений.

Рассмотрен и отработан метод измерения тока с применением микроконтроллера SiLabs C8051F350 и различных датчиков тока (резистивный и индуктивный), установлена точность измерения 50 мА в диапазоне 1–2 А и 100 мА в диапазоне 2–10 А, а также проведены статическая и динамическая калибровки датчиков.

Статическая калибровка проводится по эталонным значениям силы тока. При калибровке по эталонным значениям для каждого датчика вычисляется поправочный коэффициент, который записывается во встроенную память микроконтроллера и используется в дальнейшем для корректирования измеренных значений тока.

Динамическая калибровка (учет влияния температуры и др.) проводится по команде от «Центрального устройства» к отдельному «Локальному устройству» через определенные промежутки времени в процессе работы системы.

Исследование влияния температуры на измерения тока осуществляется с помощью цифрового датчика температуры DS1821, подключаемого к микроконтроллеру. По этим данным производится динамическая калибровка датчиков тока с помощью градуировочной кривой. Градуировочная кривая представляет собой зависимость показаний измерителя тока от температуры при одном и том же значении протекающего тока. Во втором варианте динамической калибровки в схему вводится эталонный источник переменного тока и по нему в определенные моменты времени может проводиться калибровка измерителя тока.

УДК 621.396.44

РАЗРАБОТКА СТЕКА ПРОТОКОЛОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ 0,4 кВ

С.Л. МАРТЫНЧУК, КГУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. КАРПОВ

Целью данной работы является разработка стека протоколов для системы мониторинга и управления электросетью. Под стеком протоколов понимается совокупность протоколов всех уровней модели OSI и интерфейсов взаимодействия между протоколами разных уровней.

При разработке системы мониторинга необходимо решить задачи передачи данных по электросети, формирования информационного кадра, защиты от помех, организации централизованного управления большим количеством устройств.

Особенностью стека протоколов, описанного в данной работе, является ограничение на уровень сигнала, частотный диапазон и скорость передачи информации, которые высоким уровнем шума и высоким затуханием сигнала в низковольтной электросети. Для объединения протоколов в стек необходимо разработать интерфейсы взаимодействия между разными уровнями.

В качестве протокола прикладного уровня реализуется интерфейс системы мониторинга и управления электросетью с пользователем.

В рамках протокола уровня представления реализуется кодирование передаваемой информации (значения силы тока, управляющих команд).

Задачи обнаружения неисправных или отключенных от сети локальных модемов решаются протоколом сеансового уровня.

Для предоставления модемам права на использование общей шины передачи данных разработан протокол сетевого уровня. Особенность протокола заключается в централизованном управлении системой.

Обнаружение и исправление ошибок реализовано на канальном уровне путём вычисления контрольной суммы, которая вычисляется между частями информационного кадра и прикрепляется к этому кадру.

Задачи модуляции, демодуляции и передачи сигнала в электросеть решаются на уровне протокола физического уровня. При реализации протокола основной проблемой является реализация взаимодействия модема с силовой линией.

УДК 621.396.44

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ ПЛИС ALTERA CYCLONE II

Р.И. ШАГИЕВ, А.Н. ЗАКИРОВ, КГУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. КАРПОВ

В настоящее время перед электроэнергетикой России стоит серьезная проблема – значительный моральный и физический износ оборудования. Проблема эксплуатации изношенного электрооборудования и проблема энергосбережения становятся особенно актуальными.

Работа посвящена разработке системы, осуществляющей мониторинг и диагностику электроэнергетической сети, на базе ПЛИС Altera Cyclone II. Разрабатываемые устройства позволяют определять места повреждения электролиний, осуществлять непрерывное наблюдение за состоянием электросети, осуществлять сбор необходимых данных (ток, напряжение, помехи) и их передачу по уже имеющимся электролиниям без необходимости прокладки дополнительных каналов связи. Все вышеперечисленные функции выполняются автоматически без участия человека в отличие от существующих на данный момент рефлектометров РЕЙС, которые обладают ограниченными возможностями и не способны работать автономно. Устройства изготавливаются с использованием современных электронных компонентов: ПЛИС Altera Cyclone II, сигнальные процессоры, SDRAM и FLASH память, ЖК дисплеи. Устройства состоят из двух основных блоков: блока локации, осуществляющего импульсное зондирование электролинии и модемного

блока, осуществляющего сбор и передачу данных. С помощью ПЛИС реализованы: генератор зондирующих импульсов, обработка принятого отраженного импульса, отображение результатов измерений на ЖК-дисплее и управление всем устройством в целом. Модемная часть выполнена с помощью сигнального процессора.

Работа находится на стадии отладки опытного образца. Были проведены лабораторные и натурные испытания, подтвердившие работоспособность устройства. Внедрение системы в электросети позволит в кратчайшие сроки (менее минуты) обнаруживать повреждения и определять их местоположение, предотвращать более крупные аварии, собирать необходимые данные о работе электросети и передавать их по силовым линиям, обнаруживать утечки тока и несанкционированные подключения.

УДК 621.394

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Е.А. КОНОВА, ОАО «Сетевая компания», г. Казань

В составе энергосистемы силовое оборудование выполняет ключевые производственные функции – передает и распределяет электрическую энергию и мощность. При его эксплуатации могут возникать повреждения, ненормальные и аварийные режимы, требующие оперативного управления в интервалы времени, превышающие возможности диспетчера. Назначение системы релейной защиты и автоматики (РЗА) – минимизировать отрицательный эффект от этих событий.

Свойство системы РЗА снижать отрицательный эффект от повреждений в энергосистеме назовем эффективностью. Эффективность характеризует степень целесообразности применения устройства или системы в определенных условиях.

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 «Надёжность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования».

Известно, что релейная защита при своем функционировании выполняет три функции: срабатывания при коротком замыкании на защищаемом элементе, несрабатывания при внешних КЗ и несрабатывания в режимах без КЗ. Невыполнение каждой из этих функций – отказ функционирования – есть соответственно отказ срабатывания, отказ несрабатывания при КЗ (излишнее срабатывание) и отказ несрабатывания без КЗ (ложное срабатывание).

Очевидно, что можно выделить два основных аспекта надежности: надежность срабатывания и надежность несрабатывания. Как правило, при улучшении показателей надежности одного вида показатели второго вида ухудшаются.

Предлагается рассматривать два аспекта надежности с таких позиций, как: важность защищаемого объекта энергосистемы для обеспечения надежного электроснабжения потребителей, влияние защищаемого объекта энергосистемы на устойчивость (в том числе, динамическую), экономические аспекты, связанные с ущербами у потребителей.

УДК 621.317

РЕШЕНИЕ ВОПРОСА МОНИТОРИНГА, АНАЛИЗА И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

**Р.И. КАМАЛОВ, (ф) ОАО «Сетевая компания»
Альметьевские электрические сети, г.Альметьевск**

Известно, что реактивная мощность является фактором, снижающим качество электроэнергии, приводящим к таким отрицательным явлениям, как увеличение платы поставщику электроэнергии, дополнительные потери в проводниках, вследствие увеличения тока, завышение мощности трансформаторов и сечения кабелей, отклонение напряжения сети от номинала. В связи с этим, появилась необходимость оперативного контроля и анализа состояния коэффициента реактивной мощности на вводах и отходящих фидерах ПС. Для этого необходимо проводить мониторинг, снимая и фиксируя специальными приборами характеристики электросети.

Полученную информацию требуется обработать, и только после этого можно будет с уверенностью сказать, где и в каких объемах нужно проводить компенсацию реактивной мощности, для обеспечения необходимых показателей качества электроэнергии.

Для частичного решения данного вопроса, в филиале ОАО «Сетевая компания» «Альметьевские электрические сети» был разработан шаблон расчетного документа в формате MS EXCEL, который позволяет инженеру группы качества электроэнергии производить мониторинг и отслеживать превышения коэффициента реактивной мощности потребителями. Файл содержит в себе суточные графики нагрузок, которые строятся автоматически при вводе данных; перечень питающихся КТП; перечень питающихся потребителей; однолинейную схему ПС; расчет эффекта от снижения коэффициента реактивной мощности, а также расчет экономической оценки эффективности повышения коэффициента мощности. Автоматизированная система технического учета электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии типа «Меркурий-230» дает возможность дистанционно получать данные для дальнейшей их обработки при помощи данного расчетного документа. Исходя из этого, можно сказать, что данный шаблон, многократно облегчает процесс обработки, систематизации и анализа поступающей информации, а также повышает оперативность и точность расчетов.

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

УДК 621.316

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК И ИХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

А.А. СПИРИДОНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Электрическая сварка широко используется во всех отраслях промышленности. Ведущую роль в электросварке играет контактная электросварка, позволяющая сравнительно легко механизировать и автоматизировать сборочно-сварочные работы в условиях серийного и массового производства.

Имеет место большой рост мощностей машин контактной сварки и широкое внедрение автоматических сварочных линий.

Установленная мощность сварочного оборудования на предприятиях достигает в ряде случаев 50 % общей установленной мощности электроприемников.

По характеру потребления электроэнергии и режиму работы электросварочные аппараты значительно отличаются от других потребителей, т.к. большинство из них являются однофазными приемниками с повторно-кратковременным режимом работы, частыми пусками и низким коэффициентом мощности. Включение сварочных машин происходит в случайном порядке.

Рассматривая режимы работы, даются доверительные интервалы изменения основных характеристик режимов работы. Это позволяет вести проектирование схем электроснабжения сварочных машин при минимуме исходных данных. Большое внимание уделено влиянию электросварочных машин на качество электрической энергии и электромагнитной совместимости сварочных машин и других электроприемников.

Рассматриваются методики расчета ущербов от низкого качества электрической энергии и методы нормирования её расходов. Проанализированы устройства для повышения качества и снижения потерь электрической энергии. Приведены мероприятия снижения потерь и экономия электрической энергии при электросварке.

УДК 621.311.26

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Е.Ж. САРСИКЕЕВ, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Б.В. ЛУКУТИН

На долю малой энергетики (МЭ) в топливно-энергетическом балансе страны приходится около 10 % и 20 % вырабатываемой электроэнергии и тепла соответственно. Несмотря на относительно скромную долю МЭ в общем энергобалансе страны по сравнению с большой энергетикой, ее значимость в жизни страны чрезвычайно велика.

Базу МЭ в настоящее время составляют дизельные электростанции (ДЭС), насчитывающие до 47 из 50 тысяч малых электростанций России.

Оценка состояния автономной системы электроснабжения (АСЭС) определяется ее надежностью, энергетической и экономической эффективностью.

Повысить энергетическую эффективность АСЭС можно двумя способами: первый – это конструктивный, второй – режимный.

К мероприятиям режимного характера относятся использование автобалластных нагрузок, инверторных дизель-генераторов, супер-конденсаторов, аккумуляторных батареи с переменной емкостью и пр.

Наиболее оптимальным режимом работы ветроэнергетической установки (ВЭУ) является баланс потребляемой и вырабатываемой электроэнергии. Однако такого момента равновесия добиться в реальных условиях практически невозможно.

Наибольшая эффективность будет достигнута при работе ВЭУ в номинальных параметрах или при максимально возможной выработки электроэнергии. Данный факт обеспечит снижение себестоимости 1 кВт•ч, выработанный ВЭУ, а также повысит показатели использования первичного ресурса – энергии ветра и снизить затраты топливной составляющей.

Эффективность автономных комплексов, реализованных с использованием ВЭУ, зависит от ряда факторов: ветрового режима, графика нагрузок, соотношения между установленными мощностями ВЭУ и ДЭС, степени совершенства структуры энергетических установок АСЭС и системы управления энергокомплексом.

УДК 621.36

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ И ИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Р.И. САФИН, КГЭУ, г. Казань

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

Широкое внедрение электротермических процессов и установок служит основой повышения производительности, качества изделий и улучшения условий труда в машиностроительной, металлургической, энергетической и других отраслях промышленности.

Производительность и качество работы электротермических установок, в свою очередь, в значительной степени определяются работой приводов установок, степенью механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций.

Разнообразие электротермических установок очень велико. Соответственно велико и разнообразие механизмов и приводов электропечей, отличающихся по назначению, конструкции, характеру движения рабочего органа и другим характеристикам. Но в общем любой

привод может быть представлен в виде последовательного соединения трех основных элементов: источника энергии (обычно это электро- или гидродвигатель), трансмиссии (включает в себя все преобразователи кинематики движения), рабочего органа – конечного узла кинематической цепи привода, непосредственно участвующего в конкретной механической операции. Проектирование привода состоит в выборе указанных элементов и их параметров. Основными критериями для выбора элементов привода служат величины мощности, сил, моментов, развиваемых данным элементом, скорости и других параметров кинематики его движения.

Конкретные мероприятия по экономии энергоресурсов должны быть разработаны для каждого вида электроустановок, каждой технологической операции. Однако, несмотря на разнообразие конкретных программ, в них могут быть отмечены общие направления: повышение эффективности эксплуатации и технического обслуживания используемого оборудования; применение нового оборудования, современных технологических процессов, в которых использованы последние научные достижения в области повышения качества конечного продукта и снижения энергопотребления.

УДК 621.314.21

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЕ ТОКА В НАГРУЗКЕ

А.Е. ФОКЕЕВ, ИжГТУ, г. Ижевск

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.К. БАРСУКОВ

Для исследования работы трехфазного силового трансформатора при различной форме тока в нагрузке был создан исследовательский стенд. В состав стенда входит исследуемый трансформатор, блок нагрузок и измерительная система (рис.).

Измерительная система состоит из блока шунтов, двух индикаторных обмоток, блока гальванической развязки и управления, устройства сбора данных NI USB-6210 и виртуальных приборов в среде графического программирования Lab VIEW 7.1.

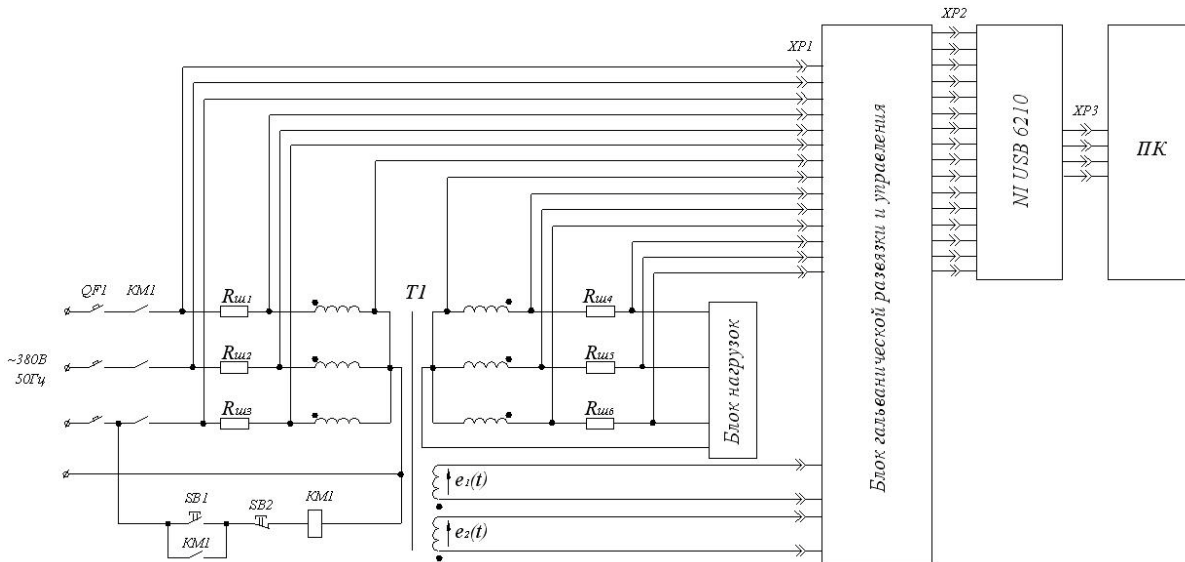


Рис. Схема стенда для исследования трехфазного трансформатора

В виртуальных приборах реализован расчет параметров и характеристик трансформатора через дифференциальные уравнения с использованием мгновенных значений токов и напряжений, что позволяет корректно производить расчет при любой форме тока и напряжения.

Стенд позволяет проводить исследования силового трехфазного трансформатора, определять потери в отдельных элементах трансформатора и снимать динамические петли гистерезиса сердечника трансформатора при различном характере нагрузки.

С помощью созданных виртуальных приборов и стенда возможен непрерывный мониторинг за состоянием работы силового трансформатора в нагруженном режиме.

УДК 621.313.333

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ МНОГОФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Г. ЛОГАЧЕВА, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Так как большую часть нагрузки энергетической системы можно представить асинхронными двигателями, то очевидно, повышение их надежности является одним из путей повышения надежности всей системы электроснабжения в целом.

Представляется перспективным применение в промышленности многофазных асинхронных двигателей, так как большее количество фаз повышает эффективность использования электрической машины, и в то же время улучшает показатели надежности ее работы.

В оценке надежности электрических машин традиционно используется теория вероятности. Такие показатели надежности как срок службы, долговечность, технический ресурс, вероятность безотказной работы имеют определяющее значение в выборе оптимального варианта конструкции и вида электрической машины. В данном случае максимально возможное число фаз рассматриваемого асинхронного двигателя принимается 96. Машина представлена как система, состоящая из нескольких элементов (подшипников, обмоток статора и ротора, их изоляции и т.д.). Оценка надежности проводится с учетом вероятности отказов, которые могут быть как систематическими, так и случайными, и вероятность их появления зависит от конструктивных особенностей электрической машины и ее составных частей. Целью данной работы является оценка надежности многофазных асинхронных двигателей и сравнительный анализ полученных данных с уже ранее известными, либо вновь полученными результатами расчетов оценки надежности трехфазного асинхронного двигателя.

Результаты могут быть использованы для оценки перспектив применения многофазных асинхронных двигателей в промышленности, а также для выявления оптимальных соотношений количества фаз статорной обмотки асинхронного двигателя с показателями его надежности.

УДК 681.5:621.315

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ТРАСС

А.А. САЛИН, ЗАО «СиСофт Иваново», г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, ст.науч.сотр. Е.С. ЦЕЛИЩЕВ

Конструктор кабельных трасс является подсистемой системы ElectriCS 3D (автоматизированное проектирование кабельного хозяйства крупных промышленных предприятий). Система ElectriCS 3D позволяет выдавать кабельные журналы, сводные и заказные спецификации на кабельную продукцию и защитные трубы (металлорукав), экспликации электрооборудования и планы расположения электрооборудования и трасс.

Использование конструктора кабельных трасс возможно после раскладки кабелей по трассам и по полкам и включает несколько этапов. Первым этапом является конструирование кабельных трасс. В процессе конструирования проектировщик может выбрать требуемый тип конструкции (короб, лоток, труба), изменить высоту кабельной стойки, задать размер консолей, задать расстояние между консолями, изменить размеры конструкций, изменять размеры полок, перемещать консоли и т.д.

После конструирования идет этап подсчета конструкций. На этом этапе производится подсчет конструкций для линейных участков и участков соединения трасс. При подсчете линейных участков вычисляется количество стоек, консолей и конструкций (лотков, коробов, труб и т.д.). При подсчете соединений создаются различные переходные конструкции такие как продолжение, поворот, подъем/спуск, тройник, крестовый переход.

Завершающим этапом является подбор конструкций. Подбор конструкций выполняется на проекте, где уже был осуществлен их подсчет.

В базу системы должна быть загружена база определенного производителя – например, ГЭМ. На основании полностью проведенного подсчета и подбора конструкций можно осуществить вывод спецификации на монтажные конструкции.

Конструктор кабельных трасс позволяет значительно повысить производительность труда при проектировании кабельного хозяйства и избавить проектировщиков от большого объема рутинной работы по подсчету конструкций, а также усовершенствовать качество выполнения проектов благодаря снижению количества ошибок, неизбежных при ручном проектировании.

УДК 621.313.14.

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Р.Т. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

В настоящее время в отрасли народного хозяйства с каждым годом увеличивается внедрение частотно-регулируемого электропривода. Совершенствование технологии и увеличение объемов потребления силовой преобразовательной техники позволило ее производителям

снизить стоимость преобразователей, в то время как цена электродвигателей частотно-регулируемого электропривода неуклонно растет. Для частотно-регулируемых электроприводов становится актуальным использование более дешевого электродвигателя, чем асинхронный электродвигатель. Таким двигателем является вентильно-индукторный электродвигатель (ВИД). Это обусловлено уменьшением количества меди, меньшими потерями. Также ВИД имеет большую глубину регулирования при высоком КПД и высокую механическую прочность, так как ротор не имеет обмоток. Использование ВИД ограничено отсутствием оптимальной схемы системы управления (СУ) как с точки зрения ограничения элементов СУ, так и обеспечения непрерывного вращения ротора и глубокого регулирования скорости электропривода. Для решения этих проблем необходима разработка более совершенной СУ ВИД. При этом целью является как разработка СУ ВИД, так и обоснование экономического эффекта использования электропривода с ВИД.

Разработанная математическая и натурная модель вентильно-индукторного электропривода позволит произвести анализ его параметров и может применяться для дальнейших исследований и разработок.

УДК 621.311

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Н.Ю. ЕФРЕМОВА, В.С. МИНЬКАЧ, В.Ю. НАУМЧУК,

АмГУ, г. Благовещенск

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Н.В. САВИНА

В настоящее время не обеспечиваются методы и способы, позволяющие поддержать требуемое качество электрической энергии в городских электрических сетях. Городские сети характеризуются неполнотой и недостоверностью исходной информации, что влияет на эффективность управления качеством напряжения в них.

Цель работы заключается в определении и поддержании оптимального уровня установившегося отклонения напряжения на зажимах электроприемника и на шинах 10 кВ в режимах наибольших и наименьших нагрузок центра питания в условиях неопределенности.

Произведена серия расчета режимов в условиях недостоверной информации, которая позволила определить возможные диапазоны изменения напряжения в узлах электрической сети и уровни установившихся отклонений напряжения. Для снижения неопределенности произведен анализ смешиваемости графиков электрической нагрузки, который позволил выявить зависимости коэффициентов суммарного графика электрических нагрузок от доминирующей электрической нагрузки.

Произведено регулирование напряжения на зажимах электроприемников и разработаны мероприятия для обеспечения нормируемого показателя значениям, соответствующим стандартам ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» на примере г. Благовещенска.

Таким образом, предложена методика регулирования напряжения в городских электрических сетях в условиях неопределенности.

УДК 621.311

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА КАК ОДНО ИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10–0,4 кВ

Л.И. АБДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций.

По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4–5 %. Потери электроэнергии на уровне 10 % можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики передачи электроэнергии по сетям. Становится все более очевидным, что резкое обострение проблемы снижения потерь электроэнергии в электрических сетях требует активного поиска новых путей ее решения, новых подходов к выбору соответствующих мероприятий, а главное, к организации работы по снижению потерь.

Одним из мероприятий по снижению потерь электроэнергии является совершенствование и модернизация систем и измерительных комплексов. При этом основными направлениями является:

- обеспечение работы измерительных трансформаторов и электросчетчиков в допустимых условиях (отсутствие перегрузки вторичных цепей ТТ и ТН, обеспечение требуемых температурных условий, устранение вибраций оснований счетчиков и т.д.);

- замена измерительных трансформаторов на трансформаторы с улучшенными характеристиками и с номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам;

- замена существующих приборов учета на приборы с улучшенными характеристиками;

- установка приборов технического учета электроэнергии на радиальных линиях, отходящих от подстанций (головной учет);

- периодические проверки условий работы электросчетчиков расчетного учета у потребителей и выявление хищений электроэнергии.

УДК 658.26:621.31.001.57

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ПРИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ И ПЕРСПЕКТИВНОЙ СХЕМЕ МАГНИТОГОРСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УЗЛА

П.В. АБРАМОВСКИХ, И.В. ТУЗ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. Ю.Н. РОТАНОВА

С каждым годом идет развитие и расширение производства на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») и строительство новых энергетических объектов и жилищного фонда в г. Магнитогорске. Это приводит к возрастающей потребности в электроэнергии и увеличению мощностей электрических станций. В связи с этим был принят план поэтапной реконструкции и введения дополнительных генераторов. Прирост электрической нагрузки ОАО «ММК» ожидается за счет увеличения нагрузки двух дуговых сталеплавильных печей до мощности 150 МВт, а также за счет реализации «Программы технического перевооружения и модернизации производств», основными стратегическими задачами которой являются углубленная переработка металла и выпуск продукции с гарантированными свойствами и качеством. Предполагается, что суммарные нагрузки Магнитогорского энергоузла возрастут с 1083 МВт (в 2006 г) до 1550 МВт к 2012 г.

По причине больших изменений в перспективной схеме Магнитогорского энергоузла к 2012 г возникает необходимость в сравнительном анализе перспективной и существующей схем по таким критериям, как анализ сверхпереходных токов короткого замыкания, остаточных напряжений, динамической устойчивости генераторов.

Данный анализ производился с помощью разработанной и отлаженной программы «Расчет и оптимизация установившихся и переходных эксплуатационных режимов параллельной и раздельной работы с энергосистемой, режимов короткого замыкания и режимов замыкания на землю с оценкой влияния на электрооборудование в системах электроснабжения промышленных предприятий», базирующаяся на алгоритме, основанном на применении модифицированного метода последовательного эквивалентирования и метода последовательных интервалов. В результате расчета было выявлено, что при перспективной схеме ухудшается динамическая устойчивость генераторов собственных электростанций при коротких замыканиях, увеличиваются токи короткого замыкания.

УДК 681.3

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ НА ПК ДЛЯ ВУЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ MATLAB&SIMULINK

А.В. ВИДИНЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Вузовские программы технических дисциплин предусматривают в обязательном порядке проведение практических и лабораторных занятий. Эти занятия позволяют закрепить теоретические разделы и выработать у учащегося определённые практические навыки.

Лабораторные работы, как правило, проводятся на физических макетах. Их полезность и необходимость неоспоримы. Однако реальные лабораторные установки имеют ряд ограничений. Прежде всего, они недостаточно универсальны, количество их в лаборатории ограничено, работа на них небезопасна для учащегося и для самой установки. Кроме того, эти работы, как правило, осуществляются в подгруппе из нескольких человек при этом невозможно дать индивидуальное задание каждому.

В последние годы всё большее распространение получает так называемое дистанционное обучение.

При такой форме обучения учащийся практически не имеет возможности работы на реальных установках.

Расширить возможности учащихся вузов при решении теоретических и практических задач и помочь тем, кто учится, самостоятельно используя дистанционное или иные формы обучения можно с помощью проведения лабораторных работ на ПК с использованием пакета прикладных программ MatLab&Simulink.

В библиотеках этих пакетов имеются многочисленные виртуальные элементы и многочисленные измерительные приборы, что позволяет всесторонне исследовать электрическую цепь любой сложности.

Для студентов была подготовлена лабораторная работа с целью исследования трёхфазного двухполупериодного управляемого выпрямителя и методическое указание к данной работе. Для выполнения лабораторной работы в приложении Simulink собрана виртуальная лабораторная установка, которая представляет собой модель трёхфазного управляемого выпрямителя и блоки для измерения его основных характеристик.

В ходе выполнения лабораторной работы студентам предоставляется возможность исследовать внешние, энергетические и регулировочные характеристики выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку.

УДК 621.311.42

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ г. ОРСКА

**В.Н. СЕРОВ, ОГТИ (ф) «ОГУ» г. Орск
Науч. рук. ст. преп. Л.В. БОРОДУЛИНА**

Эффективная работа городской системы электроснабжения предусматривает как надежное электроснабжение существующих потребителей, так и присоединение дополнительных нагрузок, включая ежегодный ввод жилья. При этом необходимо учитывать, что мероприятия, обеспечивающие интенсификацию энергосбережения, имеют значительно более высокую рентабельность по сравнению с наращиванием энергоресурсов.

В работе рассматриваются возможные пути повышения эффективности системы электроснабжения г. Орска:

- перерасчет потребляемой от энергосистемы городскими электроприемниками мощности и рекомендации по оптимизации загрузки трансформаторов в соответствии с полученными данными;

- анализ затрат на ремонтно-восстановительные работы и техническое обслуживание городских распределительных сетей по календарному принципу и рекомендации по переходу к новой системе контроля и обслуживания с непрерывной диагностикой состояния изоляции кабелей;

- применение современных кабелей и проводов при создании новых, ремонте и реконструкции старых воздушных и кабельных линий, что позволит улучшить качество электроснабжения, уменьшить потери электроэнергии;

- применение систем телемеханики, которые позволяют повысить надежность и качество электроснабжения за счет возможности контролировать систему в режиме on-line и производить переключения непосредственно с пульта оперативно-диспетчерской службы.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ВЕЛИЧИНЫ ПОГРЕШНОСТИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕХОВЫХ СЕТЯХ ОБУСЛОВЛЕННЫХ НЕУЧЕТОМ НАГРЕВА ПРОВОДНИКОВ

И.З. ГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

При определении потерь электроэнергии участка сети учитывают марку, сечение, длину кабеля (провода), а также сопротивление контактных соединений коммутационных аппаратов. Но при этом пренебрегают температурой его токопроводящей жилы. В результате исследований представляется возможным оценить погрешность расчета потерь электроэнергии, обусловленную неучетом температуры токопроводящей жилы.

Нагрузочные потери электроэнергии в любом элементе трехфазной сети определяются по выражению:

$$\Delta W = \int_0^T 3Ri^2(t) dt, \quad (1.1)$$

где t – расчетный интервал времени потерь; $i(t)$ – мгновенное значение тока линии в момент времени t ; R – общее сопротивление линии которое определяется по формулам:

без учета нагрева:

$$R(L) = r_{20} \times l + \sum_1^n r_n, \quad (1.2)$$

с учетом нагрева:

$$R(L, t) = r_{20} \times l \times [1 + \alpha \times (T - 20)] + \sum_1^n r_n, \quad (1.3)$$

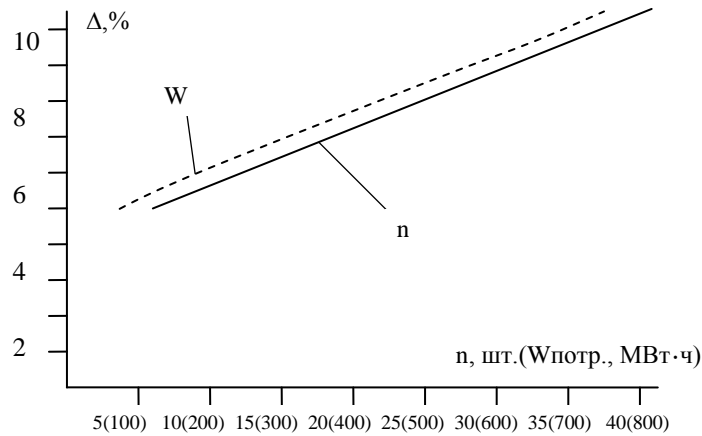


Рис. Зависимость величины погрешности от количества электроприемников n и потребляемой электроэнергии W

где r_{20} – сопротивление 1м жилы кабеля (провода) при температуре 20°C [2]; l – длина линии; α – коэффициент, равный для алюминия $0,00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; r_n – сопротивление контактного соединения n -ого коммутационного аппарата; температура жилы кабеля определяется по выражению:

$$t \mathbb{E} \left(\frac{I}{I_{\text{дон}}} \right)^2 \times (\vartheta_{\text{дон}} - \theta_{\text{окр}}) + \theta_{\text{окр}},$$

где $I_{\text{дон}}$ – допустимая токовая нагрузка; $T_{\text{дон}}$ – допустимая температура жилы провода, равная для провода с пластмассовой изоляцией 70°C .

УДК 621.32

ТЕНДЕНЦИИ В МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

С.В. АЛЕКСАНДРОВ, НХТИ, г. Нижнекамск
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. В.М. БУЛАТОВА

Качественный рост энергоэффективности всей экономики России невозможен без изменения сложившейся ситуации в электроэнергетике и промышленности. Для этого необходима правильная оценка текущего состояния электроэнергетической отрасли и промышленности, четкое определение основных мероприятий и механизмов способствующих повышению энергоэффективности использования электрической энергии.

Принятые нормативные документы в сфере эффективного производства и потребления энергетических ресурсов заставят потребителей энергии более ответственно относиться к программам энергосбережения.

Одно из направлений по увеличению энергоэффективности в электроснабжении – это модернизация систем освещения. На сегодняшний день существуют следующие тенденции:

- использование высоко интенсивных газоразрядных ламп для освещения промышленных предприятий. Их преимущества это большая светоотдача, продолжительный срок службы;

- применение мощных светодиодов в качестве источников света. Они имеют высокий индекс цветопередачи, экономия электроэнергии по сравнению с лампами накаливания составляет около 80 %, значительное снижение расходов на обслуживание.

- использование установок комплексного автоматического контроля и управления системами электроосвещения. Они позволяют повысить экономию электроэнергии и при необходимости улучшить комфорт помещений.

Данные направления приведут к резкому снижению потребления мощности системами освещения, необходимо будет изменить подход к расчетам систем освещения, а именно значения сечений проводников, экономической целесообразности нынешних классов напряжения, применяемых в современных сетях освещения, значения параметров в ПУЭ.

Таким образом, внедрение энергосберегающих технологий в системах освещения требует современных подходов и методик к проектированию и разработке этих систем.

УДК 621.311.4

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Р.Н. ГАРАЙШИН, КГЭУ, г. Казань

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

Надежность электрических станций, подстанций, линий электропередачи, систем электроснабжения, преобразовательных установок, источников питания является основным техническим требованием, предъявляемым к таким установкам.

Отдельной частью работы представляются рекомендации по использованию источников бесперебойного питания (ИБП) в качестве средства значительно повышающего надежность системы электроснабжения, а также ее бесперебойность; оценка надежности системы с использованием ИБП. Область применения источников бесперебойного питания многогранна и определяет свой критерий выбора оборудования. Выбрать необходимые в индивидуальных условиях источники бесперебойного питания – весьма специфичная задача, которая требует технической грамотности и подготовки. Одно из применений ИБП, также требующее особого подхода, исходя из особенностей оборудования – это совместная работа с дизельной электростанцией, направленная на гарантированное электроснабжение промышленных предприятий. В случае возникновения критических ситуаций, данные системы обеспечивают резервное электроснабжение до восстановления работы внешних источников электроэнергии.

Учитывая всё выше сказанное, был проведен аналитический обзор научных работ, тем или иным касающихся оценки надежности систем электроснабжения, использования ИБП в качестве элемента системы, повышающего надежность снабжения и бесперебойность ее работы, на основании которого определены наиболее интересные и перспективные направления исследования в данной области.

Использование в электроэнергетических системах снабжения источников бесперебойного питания значительно повышает надежность и бесперебойность работы системы, обеспечивается достаточное количество времени для восстановления основных источников электроэнергии. При такой перспективе развития использования ИБП как в малых системах, так и в промышленности, ожидается, что они станут неотъемлемой частью систем электроснабжения, тем самым значительно увеличивая ее надежность.

УДК 658.26:621.31.001.57

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

А.М. АХМЕТХАНОВ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. О.В. БУЛАНОВА;
канд. техн. наук, доц. В.А. ИГУМЕНЦЕВ

Современное развитие энергетики России требует от промышленных предприятий освоения новых генерирующих мощностей с целью снижения себестоимости потребляемой электрической энергии за счет использования вторичных энергоносителей и повышения надежности электроснабжения промышленных потребителей в целом. Однако увеличение числа генераторов промышленных электростанций существенно усложняет как конфигурацию системы электроснабжения промышленного предприятия, так и ее возможные эксплуатационные режимы. Не исключается и выход на раздельную с энергосистемой работу. В таких условиях необходимо анализировать статическую устойчивость системы электроснабжения промышленного предприятия, имеющего в своем составе электростанции, с целью обеспечения надежного электроснабжения потребителей.

На кафедре ЭПП ГОУ ВПО «МГТУ» разработано программное обеспечение, позволяющее исследовать запас статической устойчивости систем электроснабжения крупных промышленных предприятий при различных эксплуатационных режимах, в том числе и при раздельной работе с энергетической системой. В основу программного обеспечения положен метод последовательного эквивалентирования, для расчета установившихся режимов, и метод последовательного утяжеления, для исследования статической устойчивости генераторов и двигательной нагрузки.

При непосредственном участии автора был исследован запас статической устойчивости системы электроснабжения «Магнитогорский металлургический комбинат», имеющей сети высокого напряжения 3-6-10-35-110-220 кВ. Анализ показал, что работа сети 110–220 кВ при кольцевой конфигурации повышает коэффициент запаса статической устойчивости машин на 30 %. Раздельная работа снижает запас устойчивости на 50 %.

Программное обеспечение может быть использовано при исследовании статической устойчивости промышленных электростанций и их нагрузки.

УДК 621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СФЕРАХ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО ХОЗЯЙСТВА И НАСЕЛЕНИЯ

С.С. ФИРСОВА, А.В. ШИРШОВ, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. ст. преп. Л.В. БОРОДУЛИНА

Сопоставление имеющихся оценок возможного электросбережения за счёт организационно-технологических мер достоверно показало, что в стране есть значительный потенциал электросбережения. В первую очередь он сосредоточен в сферах электроэнергетики, промышленности, коммунально-бытового хозяйства и населения.

Экономически обоснованный потенциал коммунально-бытового хозяйства на 15 % ниже полного потенциала, а населения в свою очередь на 21,5 %.

Масштабная реализация этого потенциала невозможна без организационно-правовых мер со стороны государства и содержательно-последовательной ценовой политики. Одним из путей сокращения нерационального электропотребления населением и коммунальным хозяйством является учёт и контроль его в этих сферах. Однако в последние годы появилась опасная тенденция внесения различных исправлений и изменений в показания коммерческих счетчиков при расчетах за использованные энергоресурсы.

Так, например, при наличии в квартирах индивидуальных приборов учета оплату берут не по их показаниям, а по общедомовым счетчикам, то есть на 5–10 % больше с учётом естественных и неизбежных потерь энергоресурсов во внутридомовых сетях.

Для предотвращения подобных ситуаций необходимо создать разумные и прозрачные правила учета и экономии. В настоящее время рассматривается вопрос создания общенациональной системы коммерческого учета электроэнергии, которые позволит решать последовательно учетные, измерительные и технические задачи (включая задачи по созданию автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии).

К другим мероприятиям по энергосбережению относится широкое внедрение современных высокоэффективных средств освещения: световых приборов с компактными люминесцентными лампами (КЛЛ), тонкими ЛЛ типа Т5, лампами высокого давления (НЛВД и МГЛ), светодиодами и ЭПРА.

УДК 621.311

ЭНЕРГОАУДИТ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И.А. ДЫГАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Как известно энергосбережение – комплекс мер или действий, предпринимаемых для обеспечения более эффективного использования энергетических ресурсов. Актуальность энергосбережения в энергетике обусловлена:

- ростом стоимости электроэнергии;
- либерализацией рынка электроэнергетики;
- увеличением числа потребителей, заинтересованных в энергосбережении;
- повышением качества и количества приборов учета электроэнергии.

Универсальных способов экономить электроэнергию не существует. Но каждое предприятие подбирает для себя оптимальный путь энергосбережения. В РФ действует Федеральный закон № 28-ФЗ от 3 апреля 1996 г. «Об энергосбережении» (с изменениями от 5 апреля 2003 г., 18 декабря 2006 г.), в котором рассматриваются вопросы стандартизации, государственного управления и механизмы энергосбережения. В соответствии с данным законом в целях оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и снижения затрат потребителей на топливо и энергообеспечения проводятся энергоаудиты промышленных объектов.

Энергоаудит – это техническое обследование, анализ экономичности работы систем энергогенерирования и энергопотребления. Энергоаудит проводится с целью оценки эффективности использования ТЭР и определения возможностей ее повышения.

Экономия достигается путем выявления и устранения недопустимых потерь энергии, внедрения более экономичных схем и процессов, внедрения систем учета, расхода и анализа энергопотребления, позволяющих постоянно контролировать эффективность использования энергоресурсов, а также системы организационных и экономических мер, стимулирующих экономию ТЭР.

Проведение энергоаудита является одним из важнейших способов энергосбережения, с помощью которого можно выявить «пробелы» в снабжении и потреблении электроэнергии, а также наиболее актуальные проблемы в системе энергообеспечения на предприятии.

УДК 621.311.1, 621.311.6

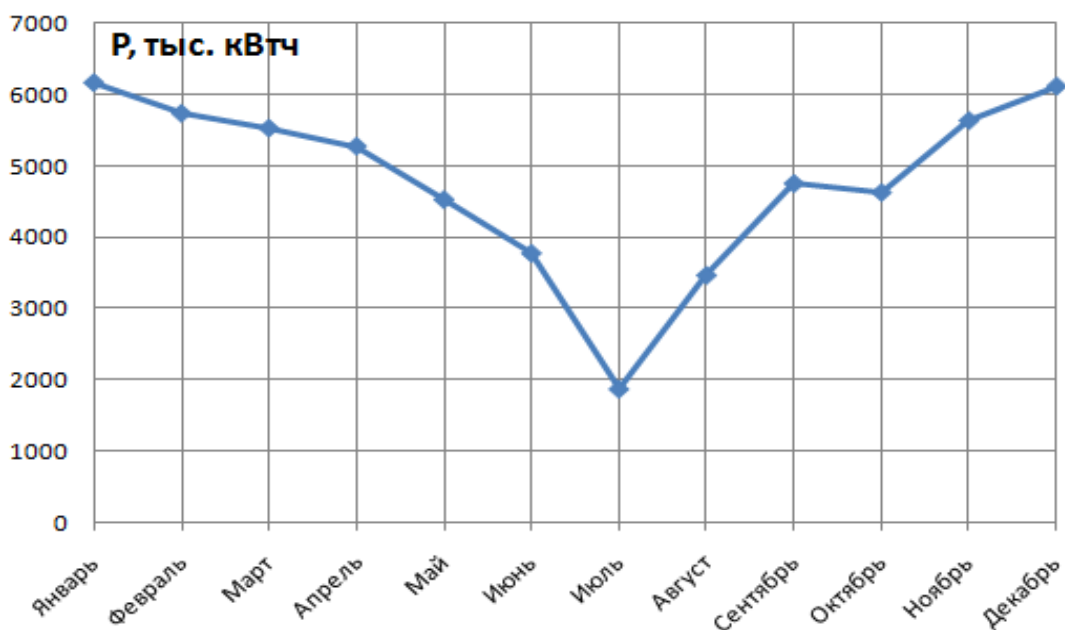
АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗОКОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ «ИВДЕЛЬСКАЯ» ИВДЕЛЬСКОГО ЛИНЕЙНО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ГАЗОПРОВОДАМИ

А.С. БОРОВЛЕВ, К.П. ПОПОВА, ЮУрГУ, г. Златоуст
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Потребление газа в России, в соответствии с «Генеральной схемой развития газовой отрасли на период до 2030 года», постоянно увеличивается и к 2030 году будет на 90 % выше, чем в настоящее время. Созданная Единая система газоснабжения (ЕСГ) позволяет транспортировать газ из северных районов до потребителей. Для транспортировки газа используются газокompрессорные станции (ГКС).

Электроснабжение ГКС «Ивдельская», которая принадлежит Ивдельскому линейно производственному управлению (ЛПУ), одному из структурных подразделений «Газпром трансгаз Югорск», осуществляется от подстанций 110кВ, находящихся в ведении Серовских электрических сетей, «КС-5» и «Никитинская».

Из графика электропотребления на рис. можно сделать заключение о режимах и количестве электропотребления ГКС «Ивдельская» за 2008 год.



Неравномерность электропотребления связана с температурой и режимом технологического процесса.

В связи с высокими тарифами на электроэнергию целесообразнее перейти на собственную генерацию электроэнергии при использовании газотурбинных генераторов. Выработка электроэнергии в этом случае будет производиться за счет попутного газа, появляющегося при его транспортировке, что позволит снизить потери и значительно уменьшить затраты на покупку электроэнергии у энергосбытовых компаний.

УДК 621.316.577

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ БЕСКОНТАКТНЫХ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Ф.Ф. ЗАКИРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Силовые полупроводниковые устройства сейчас широко применяются в коммутационной аппаратуре низкого напряжения. Создание электронных коммутационных аппаратов на средние и высокие напряжения считалось экономически нецелесообразным из-за высокой цены и больших габаритов.

Однако недавно научно-исследовательские институты электроэнергетики объявили о начале проекта по созданию высоковольтного полупроводникового бесконтактного токоограничивающего выключателя и его внедрению в массовое производство. Несмотря на то, что цена такого выключателя станет все же значительно выше (примерно в 2 раза) стоимости традиционно применяемых выключателей, он непременно будет иметь большой спрос на рынке благодаря своим неоспоримым преимуществам. Среди них можно выделить: ограничение тока короткого замыкания (КЗ); ограничение броска тока (плавный пуск) даже для емкостных нагрузок; высокие показатели быстродействия, частоты включений и коммутационного ресурса; уменьшение коммутационных перенапряжений; улучшение качества электроэнергии.

В связи с этим был проведён аналитический обзор научных работ, тем или иным образом касающихся полупроводниковых бесконтактных аппаратов, на основании которого определены наиболее интересные и перспективные исследования в данной области.

Дано обоснование применения полупроводниковых токоограничивающих выключателей в схемах:

- при возникновении однофазного КЗ на землю;
- при подключении генератора через ПБТВ;
- при применении ПБТВ в качестве секционного выключателя.

Оценены принцип действия и конструктивные особенности электрической схемы, а также даны рекомендации по улучшению электротехнических характеристик аппарата.

УДК 621.311.1.004.12:621.311.2:621.165

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ НЕБЛОЧНЫХ ЗАВОДСКИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.В. ХЛАМОВА, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ;

канд. техн. наук, доц. В.А. ИГУМЕНЦЕВ

На кафедре электроснабжения промышленных предприятий МГТУ им. Г.И. Носова разрабатывается и внедряется на ОАО «ММК» программный комплекс планирования режимов систем электроснабжения, одна из задач которого – оптимальное распределение нагрузки между генераторами собственных электростанций с целью снижения затрат на выработку и приобретение электроэнергии. Оптимизация проводится по критерию минимума целевой функции затрат. Исходными данными являются зависимости затрат на выработку электроэнергии от электрической нагрузки турбогенераторов. Работа электростанций по неблочной схеме обуславливает разрывность технико-экономических характеристик турбоагрегатов. Поэтому в комплексе должен быть использован алгоритм оптимизации, учитывающий разрывы и изломы составляющих целевой функции.

Алгоритм оптимизации разработан на основе одновременного использования метода динамического программирования, позволяющего задавать расходные характеристики в любой форме, включая табличную, что дает возможность учесть изломы и разрывы, а также ограничения в

форме равенств или неравенств, и алгоритма расчета установившегося режима методом последовательного эквивалентирования, что позволяет в соответствии с топологией схемы при ее преобразовании получать эквивалентные характеристики участков сети и в целом схемы.

На каждом шаге свертывания определяется эквивалентная характеристика только для двух генерирующих источников. Единственное оптимальное распределение получается при развертывании схемы в соответствии с балансовым условием. Использование такого сочетания методов позволит получить для любой конфигурации схемы и для любых технико-экономических характеристик агрегатов гарантированное оптимальное решение.

Оптимизационные расчеты с целью выявления наиболее экономичного режима производились для различных условий связи с энергосистемой и различной тепловой нагрузки электростанций ОАО «ММК».

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТИРУЮЩИХ АППАРАТОВ ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ

Р.И. КАСЫМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

В решении проблем, связанных с повышением надежности, экономичности и долговечности электроснабжения в низковольтных сетях, в конечном счете, обеспечивающего потребителя электрической энергией, особое место занимает бесперебойное и эффективное функционирование низковольтного оборудования (автоматических выключателей, электромагнитных контакторов, рубильников, пускателей, и т.д.).

Описание установки ИКС-5: диапазон измерения от 0 до 10000 мкОм, два предела измерений – цена единицы наименьшего разряда до 1000 мкОм шаг 0,1 мкОм и от 1000 мкОм и более шаг 1 мкОм, допустимая погрешность 0,01 мкОм. Состоит из следующих элементов: аккумулятор, блок питания, блок электрической развязки, импульсный преобразователь, схема управления ЖК экраном, ЖК экран, источник опорного напряжения, автоматический цифровой преобразователь.

В результате проведенных исследований, выявлены зависимости сопротивления контактных соединений низковольтных аппаратов в функции номинального тока.

Проведен анализ расчётных и экспериментальных значений сопротивлений контактных соединений низковольтных аппаратов, который показал, что погрешность измерения прибора ИКС – 5 составляет 7,6 %.

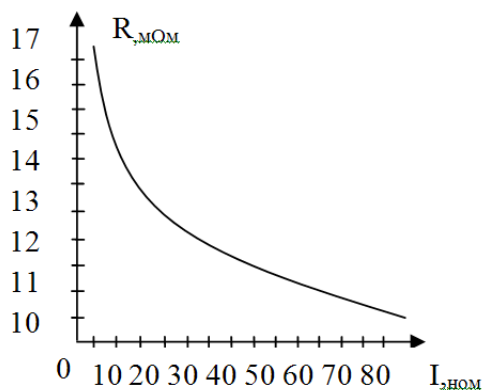


Рис.1. Зависимость сопротивления электромагнитного пускателя ПМЕ 212 380V от номинального тока.

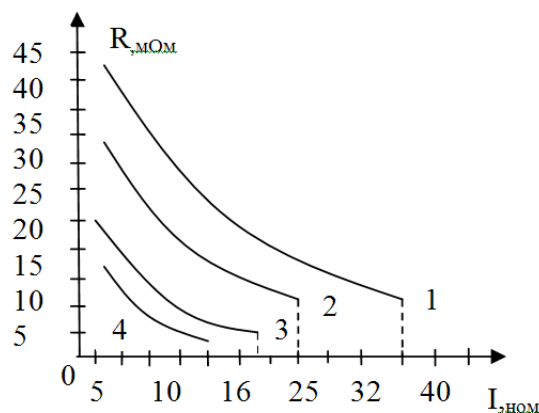


Рис.2. Зависимость сопротивления автоматических выключателей от номинального тока:

1-ВА 47-100 ИЭК; 3-АП 50Б ЗМТ У32-АЕ 20-36; 4- ВА 47-29 ИЭК

УДК 621.311.1

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

О.Ю. ЖУРАВЛЁВА, А.С. ПЕСТЕРЕВ, ЮУрГУ, г. Златоуст

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Развитие экономики РФ сопровождается ростом электропотребления. За период 2006–2008 гг. потребление электроэнергии в целом по России выросло на 16 %. Однако финансовый мировой кризис 2008–2009 гг. внес свои коррективы. По данным Агентства по прогнозированию балансов в электроэнергетике, за 2009–2010 годы потребление электроэнергии снизилось, но прирост по рыночным показателям ожидается в соответствии с генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2020 года.

На сегодняшний день в энергетической системе России в условиях растущего спроса, в среднесрочной перспективе, на электроэнергию сложилась тенденция «старения» парка высоковольтного электрооборудования, которое либо выработало срок службы, либо находится на грани выработки.

Для решения этой проблемы разработана генеральная схема размещения новых объектов электроэнергетики до 2020 года.

Другой главной задачей является поддержание качества состояния высоковольтного электрооборудования, которое физически и морально изношено.

Важный элемент поддержания электрооборудования в рабочем состоянии – развитие диагностических технологий, основанных на взаимосвязи между регистрируемыми изменениями физико-химических, электрических, механических свойств элементов высоковольтного маслонаполненного электрооборудования (МНЭО) и параметрами его надежности, в частности и остаточным сроком службы.

Новые методики диагностирования, позволят повысить эффективность, их разработку с учетом особенностей механизмов возникновения и развития различных видов дефектов. Одной из причин возникновения частичных разрядов в изоляции МНЭО являются микровключения в ней. Своевременное и достоверное обнаружение газовых микропузырьков позволит принять меры по предотвращению дальнейшей деградации (развитию ЧР) дефектной области изоляции, а также избежать возникновения серьезных техногенных аварий.

УДК 620.9

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ЗАВОДА ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

А.В. КРУТСКИХ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Целью проведения экспериментальных исследований было: определение более эффективных мероприятий по снижению потерь электроэнергии, на примере завода цветной металлургии.

Данная тема актуальна тем, что потери электроэнергии на сегодняшний день неизбежны и приводят в общей сложности к огромным экономическим затратам, что соответственно, бьет по Российской экономике в целом.

Наиболее эффективным методом для завода цветной металлургии является замена оборудования на более новое, таким образом, проведя все

необходимые расчеты, я вычислил, что при замене компенсирующего устройства УКЛ на Target годовая экономия электроэнергии составит $\Delta \mathcal{E} = 3,06 \cdot 5000 = 15300$ кВт·ч. А срок окупаемости компенсирующего устройства Target составит: $T_{\text{ок}} = (K_{\text{КУ}} - \Delta K_{\text{T}} - \Delta K_{\text{К}}) / (c_{\text{ср}} \cdot \Delta \mathcal{E}) = (160000 - 88953 - 3815) / (0,77 \cdot 15300) = 5,7$ года.

Данная оценка дает пессимистичный срок окупаемости, который реально оказывается меньшим за счет: уменьшения потерь электроэнергии в неучтенных элементах сети, например, в трансформаторе ГПП; устранения возможных надбавок к тарифу на электроэнергию за потребление РМ, превышающее договорные значения; улучшения качества электроэнергии (увеличение срока службы ламп, сокращение потерь мощности в асинхронных двигателях и др.); повышения за время окупаемости тарифа на электроэнергию.

УДК 658.26:621.31.001.57

ЗАДАЧА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С СОБСТВЕННЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

В.А. КРИВОНОГОВ, А.С. ЕРМАК, МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск

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

Системы электроснабжения крупных промышленных предприятий, в первую очередь, металлургических, качественно во многом близки к районным энергосистемам. Это проявляется в развитой структуре питающих и распределительных сетей 110–220 кВ, большой установленной мощности местных электростанций, покрывающих существенную долю нагрузки предприятия; значительной суммарной нагрузке узла (так, для Магнитогорского энергоузла нагрузка колеблется около величины 1,2 ГВт).

Для подобных объектов весьма трудоемкой является оценка правильности выбора уставок релейной защиты в сетях 110–220 кВ. Как и в любых других сетях, в данном случае основными критериями являются селективность, быстрдействие и чувствительность, однако необходимо отметить, что оценка селективности осложняется значительной долей

замкнутых сетей и возможными качаниями генераторов местных электростанций в аварийных режимах, оценка быстродействия должна выполняться по критерию сохранения динамической устойчивости генераторов, оценка чувствительности должна в себя включать расчет и сопоставление большого количества вариантов минимальных режимов. При этом во всех случаях необходимо учитывать характер изменения параметров режима во времени, вызванный переходными электромеханическими процессами в местных генераторах.

В настоящей работе предлагается решать поставленную задачу на основе сочетания методов последовательного эквивалентирования и последовательных интервалов. На кафедре ЭПП МГТУ им. Г.И. Носова разработано программное обеспечение, реализующее эти методы и позволяющее анализировать переходные режимы при различных видах повреждений. Программное обеспечение включает математические модели защит линий и автотранс-форматоров с абсолютной и относительной селективностью (ДФЗ, направленная фильтровая с ВЧ-блокировкой, дистанционная и др.) и по результатам расчета формирует графики зависимостей параметров режима во времени и журнал пусков и отключений всех видов защит. Программное обеспечение апробировано и внедрено на ОАО «ММК».

УДК 621.315.2.016

СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 1–10 кВ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СИЛАНОСШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

А.Н. ШАХВОРОСТОВ, ТПУ, г. Томск

В.И. ЖУКОВ, В.Н. ПРИЛЕПСКИЙ, АО «КАЗЭНЕРГОКАБЕЛЬ»,

Республика Казахстан, г. Павлодар

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. В.М. АНИКЕЕНКО

Мировые тенденции развития кабельных сетей среднего напряжения в течение последних десятилетий направлены на внедрение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) и замену ими кабелей с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ). Поэтому переход от кабелей с БПИ к кабелям с изоляцией из СПЭ является актуальным, т.к. связан с все возрастающими требованиями к техническим параметрам кабелей.

Новый тип кабеля отличается надежностью, стойкостью к воздействиям внешней среды. Этот тип кабеля более долговечен, рассчитан на более высокие перепады температур, чем кабель в БПИ. В ближайшее время на АО «Казэнергокабель» планируется освоение выпуска силового кабеля на напряжение 1–10 кВ с изоляцией из силаносшитого полиэтилена (ССПЭ).

В статье рассматривается влияние времени вулканизации СПЭ изоляции на электрические и механические характеристики силовых кабелей. Электрическое сопротивление изоляции ($R_{из}$), емкость (C), относительное удлинение изоляции ($\Delta l/l$) относятся к важным характеристикам кабеля. Электрическое сопротивление характеризует однородность изоляции, наличие, например, воздуха, влаги и зависит от качества изоляционных материалов, технологии изготовления. Электрическая емкость характеризует диэлектрические свойства изоляции кабеля, и, в частности, диэлектрические потери и емкостные токи. Относительное удлинение изоляции определяют для проверки деформации изоляции при термомеханической нагрузке (контроль степени сшивания полиэтилена). В данной работе процесс вулканизации проводили в двух различных средах: вулканизация на воздухе при температуре $t = 20–24$ °С в течение 0; 5; 10; 15; 25 часов; и вулканизация в воде при температуре $t = 85–90$ °С в течение 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 часов. После каждого периода измеряли электрические и механические характеристики у образцов кабеля и были построены зависимости $R_{из}$, C и $\Delta l/l$ от времени и температуры вулканизации. Полученные результаты будут полезны в кабельной промышленности, в частности на АО «Казэнергокабель».

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ НАГРУЗКУ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Б.Э.М. КУБАНГО, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время довольно часто наблюдаются случаи повреждения асинхронных короткозамкнутых двигателей напряжением 6–10 кВ при возникновении неполнофазных режимов их питания. Последние могут возникать в случае питания двигателей от резервного

трансформатора и обрыве фазного провода на питающей линии 110–330 кВ, или же в режимах пуска двигателей, сопровождающихся недовключением одной из фаз выключателя, нарушением контактных соединений кабеля и выводов, обмотки статора и т.д. Неполнофазные режимы относятся к аварийным, но как правило не выявляются средствами релейной защиты, и поэтому могут быть длительными, поэтому представляет интерес исследование последствий неполнофазных режимов в зависимости от схем соединения обмоток электродвигателей и режима нейтрали, а также способов защиты от неполнофазных режимов и разработки математического моделирования данных режимов. Основной целью данной работы является анализ основных закономерностей в последствиях несимметричных режимов для СЭС, а также разработка способов и средств для устранения или ограничения проявлений этих последствий.

Для анализа в данной работе были рассмотрены: 1) обрыв одной фазы сети при изолированной нейтрали обмотки статора АД, соединенного звездой; 2) обрыв одной и двух фаз питающей линии системы, состоящей из источника бесконечной мощности ЛЭП 110 кВ, трансформатора с соединением обмоткой звезда с нулем – треугольник 11-ой группы; 3) определение времени разбега АД с короткозамкнутым ротором с $P_H = 132$ кВт; 4) расчет токов несимметричного короткого замыкания и их соотношений. Для расчета 1), 2) и 4) был использован метод симметричных составляющих. В общем случае составляются три схемы замещения исследуемой схемы: схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы: из-за обрыва одной из фаз ЛЭП, на вторичной обмотке трансформатора восстанавливается ток во всех фазах; в режиме работы схемы резервного питания обрыв опасен не только в нормальном режиме работы трансформатора, но и в режиме ожидания; для предотвращения неполнофазных режимов следует использовать математическое моделирование переходных процессов; из-за обрыва фаз двигателя перестают запускаться или начинают забирать необходимый ток из других фаз, в такой ситуации обмотки двигателя подвергаются неравномерным нагрузкам, что может послужить причиной его повреждения; длительность пуска двигателя зависит от напряжения, с понижением напряжения время разгона увеличивается.

УДК 621.316.1

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПЕЛЫМСКОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

И.Н. ЛАВРЕНТЬЕВ, А.Н. СУЕТИН, ЮУрГУ, г. Златоуст
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Развитие газотранспортной системы страны и объёмы перекачиваемого газа, в соответствии с «Генеральной схемой развития газовой отрасли на период до 2030» продолжают расти, поэтому производство, передача и рациональное распределение электроэнергии для газотранспортной промышленности приобретает все большее значение. Анализ электропотребления Пелымского линейного производственного управления магистральных газопроводов (Пелымского ЛПУ МГ), одного из структурных подразделений ООО «Газпром трансгаз Югорск», является одной из основных научных и практических задач.

Из построенной гистограммы электропотребления Пелымского ЛПУ МГ и п. Пелым, можно сделать вывод, что максимальное потребление приходится на март и январь месяц.

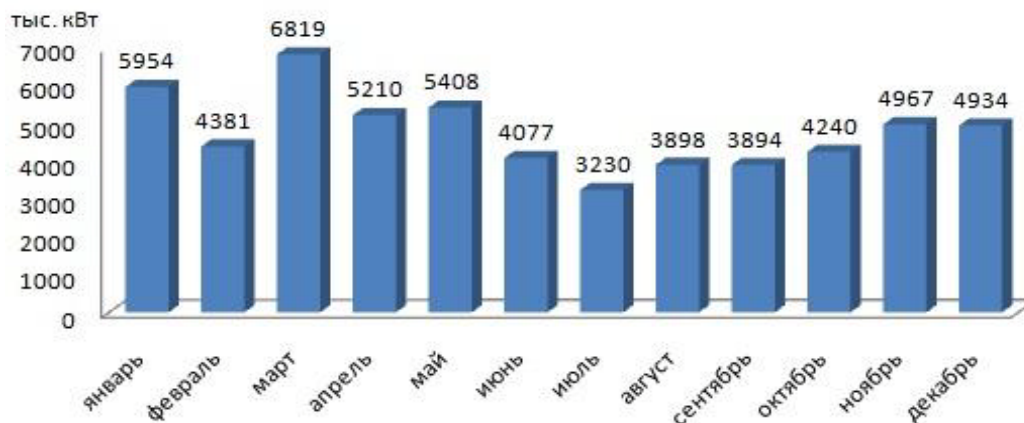


Рис. Электропотребление Пелымским ЛПУ МГ и п. Пелым за 2008 г

Неравномерное потребление электроэнергии связано с технологией транспортировки газа, отключение автоматического воздушного охлаждения газа летом и зимой, летом выключается, чтобы газ не нагревался, зимой чтобы не было переохлаждения газа и коммунально-бытовыми причинами. Еще одна причина, это потребление газа у конечных потребителей.

УДК 681.3:621.311

СОВРЕМЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Р.М. САЛИХОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Р. ХУСНУТДИНОВ

В настоящее время многие российские предприятия, стремясь повысить свою конкурентоспособность и эффективность, вынуждены перестраивать ИТ-инфраструктуру, решать вопросы автоматизации проектных и конструкторских подразделений. Осознавая темпы развития современных информационных технологий, предприятия чаще обращаются к системам автоматизированного проектирования (САПР).

Проектирование систем электроснабжения содержит ряд последовательных операций, связанных с расчетами и выбором изделий. В настоящее время на уровне профессионального использования в проектных организациях применяются программные модули, выполненные на основе AutoCAD. Отличительной особенностью подобных САПР является законченность проекта с выводом необходимой технической документации, включая чертежи (двухмерные или трехмерные). Выделим ряд известных разработчиков и пакетов САПР:

- Проектирование систем электроснабжения: ElectroniCS 3D 5.0; ElectroniCS ADT; Project StudioCS Электрика; SchematiCS; EnergyCS Line; Model StudioCS ЛЭП; ElectriCS Light.

- Проектирование систем управления: AutoCAD Electrical; Bentley Promis-e; Project StudioCS ОПС.

- Выполнение расчетов: ElectriCS ECD; Energy CS 3; Energy CS Электрика.

Преимущества использования подобных продуктов в том, что на этапе проектирования возможно произвести проверки правильности расчетов с точки зрения их соответствия нормативным документам. Данное ПО имеет гибкие, пополняемые библиотеки данных, содержащие современные материалы и комплектующие, параметры которых известны и в некоторых системах требуется минимальные пересчеты системы электроснабжения. Для определенного набора задач весьма эффективны онлайн-расчеты. Большинство современного ПО соответствует международным и российским стандартам качества. При внедрении необходимо учитывать, что применение современного программного обеспечения требует наличия квалифицированных кадров и потребует пересмотра некоторых традиционных взглядов на проектирование систем электроснабжения.

УДК 621.316.016.25

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ, КузГТУ, г. Кемерово

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. науч. сотр. В.М. ЕФРЕМЕНКО

В современных условиях для обеспечения эффективности мероприятий по компенсации реактивной мощности (КРМ), проводимых на промышленных предприятиях, становится все более актуальным решение задачи оптимизации процесса КРМ, которая в общем случае заключается в определении оптимальной мощности и мест установки компенсирующих устройств (КУ). Данная задача имеет целью нахождение такого решения, которое обеспечивает максимальный экономический эффект при соблюдении всех технических условий нормальной работы системы электроснабжения.

В целях определения оптимальной мощности и мест установки КУ был проведен сравнительный анализ технико-экономической эффективности различных видов КРМ с помощью батарей конденсаторов в цеховой сети 10/0,4 кВ промышленного предприятия с электродвигательной нагрузкой. В цехе установлено 69 электродвигателей номинальной мощностью от 1,1 до 315 кВт. Для каждого из рассматриваемых видов КРМ было получено распределение потоков реактивной мощности в цеховой электрической сети. Критерием оптимизации являлся минимум суммарных приведенных затрат. В результате анализа установлено, что наиболее целесообразным видом КРМ является индивидуальная компенсация, поскольку в этом случае суммарные приведенные затраты оказались наименьшими. Наибольшие суммарные приведенные затраты имели место при централизованной компенсации на стороне 10 кВ, т. е. данный вид КРМ оказался самым нерациональным.

Вместе с тем следует отметить некоторую условность полученных результатов и необходимость рассмотрения их лишь как первое приближение к решению задачи оптимизации процесса КРМ.

Сегодня использование современных методов имитационного моделирования позволяет перейти от приближенных решений к более точным, и в частности к решению задачи многокритериальной оптимизации.

Поэтому для дальнейшей работы планируется построение компьютерной модели системы электроснабжения промышленного предприятия и ее анализ для последующей разработки методики решения задачи многокритериальной оптимизации процесса КРМ.

УДК 621.314.222.6

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСТЕПЕННЫХ И ВНЕЗАПНЫХ ОТКАЗОВ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

М.Е. ЧИКЛЯЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

При исследовании трансформатора как элемента, условно состоящего из двух последовательно соединенных элементов – в одном из них могут появляться внезапные отказы, а в другом – постепенные. Внезапные отказы появляются вследствие резкого, внезапного изменения основных параметров под воздействием одного или нескольких случайных факторов внешней среды либо вследствие ошибок обслуживающего персонала. При постепенных отказах наблюдается плавное, постепенное изменение параметра элементов в результате износа отдельных частей или всего элемента в целом.

Вероятность безотказной работы представим произведением вероятностей:

$$P_{\text{Тр}}(t) = P_{\text{В}}(t) P_{\text{И}}(t), \quad (1)$$

где $P_{\text{В}}(t)$ и $P_{\text{И}}(t)$ – соответственно вероятности безотказной работы условных элементов, соответствующих внезапному и постепенному отказу в следствие износа.

На основании статистических данных основного распределения времени безотказной работы при внезапных отказах принимается показательное распределение:

$$P(t > T) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

Постепенные отказы трансформатора происходит в основном по причине износа изоляции. Износ можно описать законом распределения Вейбулла-Гнеденко:

$$P(t > T) = e^{-c(t-t_0)}, \quad (3)$$

где t_0 – порог чувствительности, то есть элемент гарантировано не откажет, в интервале времени от 0 до t_0 может быть равно нулю. Тогда окончательно имеем:

$$P_{TP}(t > T) = e^{-\lambda t} \cdot e^{-ct}, \quad (4)$$

Причинами внезапных отказов трансформатора являются повреждения вводов трансформатора вследствие перекрытия контактных соединений, утечка масла. Причины постепенных отказов, в свою очередь, – это нарушения изоляции обмоток вследствие возникновения внешних и внутренних перенапряжений, сквозных токов коротких замыканий и дефектов изготовления. Таким образом, при исследовании внезапных и постепенных отказов определены законы распределения параметров надежности.

УДК 621.316.1

АНАЛИЗ РЫНКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

И.В. МАРУНИНА, В.Е. РЯБИНИН, ЮУрГУ, г. Златоуст
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Важным направлением электроэнергетики является совершенствование передающих и распределительных систем, а так же повышения надежности электроснабжения. Постоянный рост спроса на электроэнергию определяет необходимость увеличения пропускной способности существующей сети при минимизации ее потерь.

В предстоящий период до 2030 года реконструкция и техническое перевооружение распределительных электрических сетей будут основными направлениями их развития на новых принципах и новой технической базе.

Реконструкцию и строительство сетевых объектов следует проводить с переходом на более высокие классы среднего напряжения 20–35 кВ.

Сравнительный анализ электрооборудования различных производств на 20 кВ приведен в таблице.

**Сравнительный анализ электрооборудования
различных производителей на 20 кВ**

Страна Наимен. оборудования	РФ	Германия	Франция
Силовой трансформатор	ТМ(Г)-100/20 ЗАО «электрощит»	SION Siemens	-
Выключатель	ВБ/ЭЛКО ТЭ-20/1000 УХЛ2 Бестер Комплект	3AP1FG Siemens	HVX Areva
Изолятор	ШС-20Д АИЗ	-	-
Разъединитель	РВЗ- 20 Бестер Комплект	-	SGF245n ABB
ОПН	ОПН-П1-20/24,0/10/2 «ЭМХО»	3EP4 Siemens	VARISIL20 Areva
Трансформатор тока	ТПОЛ20 ТД «Автоматика»	4NC53280CE20 Siemens	ТРО 25 ABB
Трансформатор напряжения	ЗНОЛ.06-20 РусЭлт	UGE-24/Г3	ТЮ 24 ABB

Для перехода на более высокое напряжение отечественной промышленности необходимо наладить серийный выпуск электрооборудования на напряжение 20 кВ.

УДК 621.316.11+621.311.1.003

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДОЛЕВЫХ
ВКЛАДОВ ИСТОЧНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ПОТЕРИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Е.Б. ЯГОЛЬНИКОВА, МГТУ им.Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ

В связи с тем, что крупные предприятия используют как покупную, так и собственную электроэнергию, стоимость потерь электроэнергии должна оцениваться с учетом себестоимости каждого из источников. На данный момент широко распространен упрощенный подход, при котором стоимость потерь электроэнергии определяется по средневзвешенной стоимости покупной электроэнергии, что дает существенную погрешность,

так как не учитывается взаимная удаленность между источниками питания и основными центрами нагрузки. В связи с этим необходима разработка методов и алгоритмов расчета, которые позволят определить стоимость потерь в каждом элементе сети с учетом долевого вклада источника в создание потока мощности через элемент. Это наиболее актуально для предприятий, вырабатывающих собственную электроэнергию за счет утилизации вторичных ресурсов.

На предприятиях, от сетей которых питается большое количество сторонних потребителей электроэнергии, одной из важнейших задач является расчет нормативов потерь электроэнергии при ее передаче. Цель этого – компенсация сторонними потребителями стоимости потерь электроэнергии рассматриваемого предприятия. Эта величина входит в тариф на электроэнергию для стороннего потребителя. Одновременно с этим предприятие-владелец распределительных сетей приобретает электроэнергию по сниженным тарифам. Для расчета нормативов необходимо иметь информацию о долевого вкладе каждого из сторонних потребителей в сетях предприятия, которое осуществляет услуги по передаче электроэнергии. В настоящее время долевого вклад оценивается по приближенным методам, таким как метод экспертных оценок и другие. Это приводит к неточностям расчета стоимости потерь электроэнергии. В настоящей работе эта стоимость определяется с учетом долевого вклада потребителя на основе его участия в распределении активных и реактивных мощностей. Для расчета долевого вкладов используется метод последовательного эквивалентирования, разработанного на кафедре ЭПП МГТУ им. Г.И.Носова.

УДК 628.9.041:620.09

ВЛИЯНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ГАРМОНИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ СЕТИ

А.А. ШЛЯПЧЕНКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В связи с программой энергосбережения актуальна замена в осветительных сетях ламп накаливания на энергосберегающие компактные газоразрядные лампы. Известно, что газоразрядные лампы являются источниками высших гармоник.

Исследования проводились в осветительных сетях с газоразрядными лампами (люминесцентные лампы, дуговые ртутные лампы высокого давления, компактные люминесцентные лампы, неоновые лампы) прибором Fluke43В. Были измерены гармоники тока, напряжения, их значения, а также были получены характеристики этих гармоник. Fluke43В является прибором, сочетающим в себе способности анализатора качества электроэнергии, мультиметра и осциллографа. Измеряет параметры гармоник, фиксирует скачки и спады напряжения, переходные процессы в сети и броски тока.

Гармоники тока измерялись на фазном групповом проводе. Исследовались внутренние осветительные установки с люминесцентными лампами и КЛЛ, а также наружные – с лампами ДРЛ и лампами неоновой рекламы, питаемой импульсными трансформаторами. Определены потери мощности, возникающие в результате наличия высших гармонических составляющих тока и напряжения.

Изучение групп ламп с люминесцентными источниками света показало, что величина THD (Total Harmonic Distortion – полные гармонические искажения) может составлять 40 % и в этом случае гармонические искажения могут попадать в систему и вызывать нарушения в работе различных микропроцессорных устройств.

Значения THD различны по каждой фазе. Это означает, что фазы загружены нагрузками которые по-разному влияют на качество электроэнергии. Измеряя гармоники тока в нескольких местах в системе, был обнаружен источник гармоник. Чем ближе к источнику, тем более неблагоприятным был THD тока.

Для улучшения показателей качества электроэнергии необходимо устанавливать фильтры и использовать лампы улучшенного качества, вносящие меньшие гармоники.

УДК 621.311.019

ВЛИЯНИЕ БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

О.А. САВИНКИНА, Р.Б. НАУМКИН, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. науч. сотр. В.М. ЕФРЕМЕНКО

Качество электрической энергии на сегодняшний день является одним из важнейших требований, предъявляемых как к энергоснабжающей организации, так и к потребителю, и зависит в первую очередь от производителя. Однако в процессе передачи электроэнергии потребителю качественные показатели изменяются.

Их ухудшение происходит чаще всего непосредственно в распределительных сетях потребителя.

Бытовые электроприемники можно разделить на характерные группы: двигательная нагрузка (холодильник, пылесос, стиральная машина и т.д.) – 19 %, технологическая (электропечь, утюг, обогреватель и т.д.) – 57 % и осветительная – 24 %. По результатам анализа технических характеристик двигательной нагрузки, в которой применяются в большинстве случаев асинхронные двигатели, данный тип нагрузки оказывает наиболее существенное влияние на качество электрической энергии в жилом секторе.

В жилищно-коммунальном хозяйстве присутствует так называемая «нелинейная нагрузка», вызывающая в системе электроснабжения искажения синусоидальности кривой напряжения и высшие гармоники.

Электрические нагрузки в жилом секторе ежегодно возрастают, причем это рост происходит неравномерно. С развитием прикладных наук увеличивается разнообразие бытовых приборов, что в свою очередь оказывает большое влияние на электропотребление отдельных квартир.

За счет неравномерности загрузки фаз в сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью возникает несимметрия напряжения, а также неуравновешенность напряжения как в аварийных, так и в нормальных режимах. При несимметричном режиме ухудшаются условия работы электроприемников и всех элементов сети: снижаются экономичность и срок службы оборудования, уменьшается пропускная способность сети, увеличиваются потери электроэнергии, резко снижается световой поток ламп. Также вследствие сверхнормативного тепловыделения, связанного с постоянной или временной токовой перегрузкой одной или нескольких фаз, может произойти старение изоляции и последующее ее возгорание.

УДК 621.3.05

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖИЛОГО СЕКТОРА

Р.Б. НАУМКИН, О.А. САВИНКИНА, А.С. ШЕВАРУХИН,
КузГТУ, г. Кемерово

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. науч. сотр. **В.М. ЕФРЕМЕНКО**

Электрические сети центральных районов современных российских городов были проложены в 60–70-х годах прошлого столетия и на сегодняшний день морально и технически устарели.

До конца 50-х удельные электрические нагрузки определяли исходя из удельной мощности жилой оплачиваемой площади, что объясняется высоким, более 50 %, значением электропотребления осветительной нагрузкой. Но с ростом технологической нагрузки оно уменьшилось, в результате чего принцип нормирования удельных нагрузок на единицу площади перестал соответствовать действительности. В начале 60-х годов принято нормирование нагрузок в кВт на квартиру (семью).

С введением ВСН 59-88 удельная мощность на квартиру нормировалась 7 кВт, а согласно СП 31-110-2003 – 10 кВт на квартиру. Установленная мощность всех электроприемников достигает 20–25 кВт. Таким образом, в часы максимума нагрузка может превышать допустимые значения, что в свою очередь приведет к серьезным последствиям.

Электрические нагрузки жилых зданий существенно меняются в течение суток, а также в зависимости от времени года, что создает трудности в их определении. С целью анализа электропотребления жилого сектора в течение месяца ежедневно снимались показания квартирных счетчиков. По результатам исследования, минимальное потребление электроэнергии приходится на середину недели и составляет 7,6 кВтч. Максимальное приходится на выходные дни и в среднем составляет 10,14 кВтч.

Согласно методам математической статистики, распределение суточного электропотребления близко к распределению по нормальному закону. Математическое ожидание составляет 8,74 кВтч. Учитывая количество жильцов, проживающих в каждой квартире, и площадь жилья, один человек в среднем потребляет 2,41 кВтч/сутки. Среднее же потребление на единицу площади составляет 0,16 кВтч/м².

Таким образом, в данный момент состояние жилищно-коммунальных электрических сетей, даже проложенных 20 лет назад, не всегда соответствует сегодняшнему электропотреблению, не говоря уже о сетях полувековой давности. В домах старой застройки требуется замена всей электропроводки с учетом требований действующих нормативных документов.

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НИЗКОВОЛЬТНОЙ СЕТИ

И.И. ЮНУСОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Целью проведения экспериментальных исследований является установление влияния электрооборудования (микропроцессорной техники, осветительных установок и бытовых электроприборов) на качество электроэнергии. А также анализ отрицательных последствий электротехнического и технологического характера, возникающих в результате ухудшения качества электроэнергии.

Качество электроэнергии – это совокупность ее свойств, определяющих воздействие на электрооборудование, приборы и аппараты и оцениваемых показателями качества электроэнергии, численно характеризующими уровни электромагнитных помех в системе электроснабжения по частоте, действующему значению напряжения, форме его кривой, симметрии и импульсам напряжения.

Среди отрицательных последствий возникающих в результате снижения качества электроэнергии следует отметить:

- увеличение потерь активной и реактивной мощности;
- сокращение срока службы электрооборудования;
- увеличение капитальных вложений в СЭС за счет увеличения сечения нулевой жилы;
- нарушение условий нормального функционирования электроприемников и потребителей в целом – нанесения вреда окружающей среде и здоровью человека в целом.

УДК 620.9

ПУТИ НОРМАЛИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОБАЛАНСОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Л.Ф. ИМАМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Структура электробаланса промышленного предприятия дает возможность выбора наиболее приоритетных направлений проведения энергосберегающей политики и снижения потерь электроэнергии.

Современные химическая и нефтеперерабатывающая промышленности являются одними из крупнейших потребителей тепловой и электрической энергии.

Основными направлениями по экономии электроэнергии на предприятиях нефтехимической промышленности можно отметить:

1) каталитический риформинг на ароматику – получение из нефтяного сырья ароматических углеводородов – бензола, ксилола, толуола;

2) гидроочистка – очистка нефтепродуктов и дистиллятов от соединений серы за счет циркуляции водородосодержащего газа через серосодержащее сырье;

3) в шинной и резинотехнической промышленности снижение брака и возвратных отходов, сокращение режимов вулканизации, автоматизация процессов приготовления резиновых смесей;

4) в промышленности синтетического каучука – внедрение новых технологических схем с меньшими удельными расходами энергоресурсов;

5) производство деталей из пластмасс – изготовление изделий из волокнистых пластиков на основе фенолоформальдегидных и других смол.

Эффективность работы систем электроснабжения и режимов электропотребления зависит от правильного определения расчетных уровней и выбора номинальных напряжений внешнего и внутреннего электроснабжения, числа трансформаций электроэнергии, количества и мощности силовых трансформаторов на подстанциях любого уровня трансформаций, способов передачи электроэнергии, степени компенсации реактивной мощности и автоматизации учета и контроля расхода электроэнергии. Влияние этих факторов на экономию электроэнергии на промышленных предприятиях различно.

УДК 621.31

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ТОКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РТ

И.А. ГАСИМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В электрических сетях России имеет место общее старение основных фондов: полностью отработали нормативный срок службы более 10 % трансформаторов, 6 % – реакторов, 29 % – выключателей. Все это в совокупности ставит вопрос о необходимости модернизации электросетей, о замене устаревшего оборудования на новое. И, если уж затрачивать силы

и средства, то хотелось бы, чтобы новое оборудование соответствовало требованиям уже наступившего XXI. Современная наука предлагает новые эффективные решения данной проблемы, основанные как на иных физических принципах, так и на более перспективных конструктивных и технологических решениях. Новые решения могут быть основаны, в частности, на сверхпроводниковых технологиях, к которым уже обратились и достигли первых успехов все технически развитые страны мира. К ним относятся и сверхпроводниковые ограничители токов (COT). Преимущества COT - более низкое сопротивление в нормальном режиме работы сети, чем у других токоограничивающих устройств (в частности, у реакторов) и резкое его увеличение в аварийном режиме. Включение токоограничителей в определенные узлы энергосистемы позволит продлить срок коммутационной аппаратуры и создаст условия для ее постепенной замены современным оборудованием. Проведенные нами исследования (на примере промышленно-производственного предприятия ОАО «Сатурн», г. Набережные Челны) наглядно демонстрируют положительные моменты в использовании COT на данном предприятии. Так в случае модернизации системы энергоснабжения на заводе (в силу морального и технического износа оборудования) внедрение сверхпроводниковых ограничителей тока позволит не только увеличить надежность всего комплекса оборудования и заметно уменьшить потери мощностей за счет замены реакторов, но и сократить расходы на коммутационное оборудование (высоковольтные выключатели) и все сопутствующие материалы. Также нами было установлено что зависимость мощности предприятия обратно пропорционально затратам на внедрение COT. Другими словами, чем выше потребление электрической энергии, тем целесообразнее использование сверхпроводниковых токоограничителей.

621.311.001.57

ЗАДАЧА АНАЛИЗА РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОЙ НЕСИММЕТРИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Е.А. ПАНОВА, МГТУ им. Г.И.Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ

Одними из наиболее частых видов повреждений являются обрывы проводов линий электропередач, а также сложные развивающиеся повреждения. При таких повреждениях расчет параметров режима систем электроснабжения промышленных предприятий, характеризующихся наличием собственных электростанций, различным составом

электроприемников, большим числом сложнозамкнутых участков, наличием нескольких ступеней трансформации и узлов связи с энергосистемой представляет большую сложность.

На кафедре ЭПП МГТУ им. Г.И. Носова был разработан программно-вычислительный комплекс (ПВК), одной из возможностей которого является моделирование режимов систем электроснабжения при продольной несимметрии. Результатами расчета являются токи и напряжения во всех узлах и ветвях схемы по фазам и по последовательностям. Также реализована возможность расчета переходных процессов при обрывах. Расчет установившегося режима проводится с применением метода последовательного эквивалентирования. Особенностью расчета режима при обрывах в данном ПВК является то, что несимметричный участок схемы задается элементами-границами с Т-образной схемой замещения, в состав которой входит ЭДС в поперечной ветви. При этом для определения величины данной ЭДС производится расчет продольной ЭДС, которая обычно используется для представления обрыва, а затем выполняется преобразование ее в поперечную. ЭДС вводится в схему замещения элемента-границы в зависимости от величины напряжения на этом элементе в нормальном режиме и при условии втекания тока в этот элемент. В противном случае ЭДС равна нулю. Расчет переходных процессов основан на сочетании методов последовательного эквивалентирования и последовательных интервалов.

Результаты расчетов параметров режима и переходных процессов при обрывах необходимы для определения оценки условий работы электроприемников, устойчивости генераторов и электродвигательной нагрузки, правильности работы релейной защиты и автоматики с учетом изменения параметров режима во времени.

УДК 621.311.4

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Д. ФИЛЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Значительные резервы экономии электроэнергии существуют при эксплуатации системы электроснабжения промышленных предприятий. К ним следует отнести использование рационального режима загрузки элементов системы электроснабжения.

Экономичный режим работы силовых трансформаторов при установке на подстанции n работающих трансформаторов определяется числом одновременно включенных трансформаторов, обеспечивающий минимум потерь электроэнергии. При этом надо учитывать и потери активной мощности, возникающие в системе электроснабжения по цепи питания от генераторов электростанции до рассматриваемых трансформаторов из-за потребления трансформаторами реактивной мощности.

Потери мощности в трансформаторах можно записать следующим образом:

$$\Delta P'_T = \Delta P'_X + \frac{\Delta P'_K}{S_{\text{НОМ.Т}}^2} S_K^2,$$

где $S_{\text{НОМ.Т}}$ – номинальная мощность трансформатора.

Обозначим

$$\Delta P'_X = a; \quad \frac{\Delta P'_K}{S_{\text{НОМ.Т}}^2} = b.$$

Тогда

$$\Delta P'_T = a + bS_K^2.$$

В данной работе использовалась функция зависимости потерь мощности от коэффициентов a и b . Координаты, соответствующие совместному решению уравнений, отражающих потери мощности в трансформаторах при поочередной и одновременной работе, дадут значения нагрузки, при которых следует переходить от работы одного к работе двух трансформаторов.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

О.В. САРАФАНОВА, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. ст. преп. В.С. ГАЛУЦАК

Атмосферные молниевые разряды имеют сокрушительную силу. Их разнообразные последствия представляют серьезную угрозу для жизни человека и его имущества. В странах ЕС ущерб от молний и воздействия грозового потенциала составляет 300 млн. евро в год.

Мы выполнили анализ существующих систем активной молниезащиты.

Долгие годы для молниезащиты использовались пассивные системы молниезащиты: стержневые, тросовые молниеприемники, молниезащитные сетки.

В последнее время все большую популярность завоевывают так называемые активные молниеприемники, которые активируются во время развития грозового разряда и иницируют встречный лидер с опережением по времени, по отношению к защищаемому объекту. Достоинством такой системы молниезащиты является большая степень надежности и защиты, относительная простота ее монтажа и минимальное влияние на внешний вид здания.

Несмотря на ряд преимуществ систем активной молниезащиты на территории Российской Федерации они используются крайне редко, т.к. отсутствует нормативная база по их применению. И это, пожалуй, является единственным их недостатком. Хотя, в то же самое время, системам активной молниезащиты доверены такие архитектурные памятники всемирного значения как: Собор Парижской Богоматери во Франции, Акрополь в Греции, Тауэрский мост в Англии.

УДК 611.3.051

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА ОАО «СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ», НАПРАВЛЕННАЯ НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ

А.И. ГАЛИМОВ, ОАО «Сетевая компания», г. Казань

Науч. рук.: Г.С. ПЕТРОВ; О.И. ТАБАКИН

Износ существующего электросетевого оборудования, а так же рост мощности энергопринимающих устройств в настоящее время обозначил круг таких проблем как необходимость модернизации оборудования, ввод новых мощностей, строительство новых ПС – 110/10 кВ и распределительных сетей 6(10) кВ.

Основные цели технической политики ОАО «Сетевая компания»:

- повышение пропускной способности сетей;
- создание условий для качественного и надежного электроснабжения потребителей;
- обеспечение современного, высокого технического уровня сетей посредством использования новых решений;
- создание условий для технологического присоединения новых потребителей;

- минимизация затрат на распределение электроэнергии;
- новые схемные решения.

В связи с этим в ОАО «Сетевая компания» разработаны «Требования к построению схем электрических сетей в районах (кварталах) нового строительства городов и поселков городского типа Республики Татарстан».

УДК 621.311.1

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Р. МУБАРАКШИН, ОАО «Сетевая компания», г. Казань
Науч. рук.: Г.С. ПЕТРОВ; О.И. ТАБАКИН

Неотъемлемым атрибутом быстро развивающейся экономики является рост количества крупных промышленных предприятий, имеющих сложный технологический характер производства, что обуславливает особые требования к схеме их электроснабжения:

- надежность электроснабжения;
- качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ13109-97;
- экономичность;
- возможность частых перестроек технологии производства и развития предприятия;
- отсутствие вредного влияния на окружающую среду.

В ОАО «Сетевая компания» совместно с «ТатНИПИэнергопром» ведется активная работа по разработке новых решений и новых технологий при проектировании схемы внешнего электроснабжения. Ярким примером может служить один из крупнейших нефтеперерабатывающих комплексов ОАО «ТАНЕКО» в Нижнекамском районе и завод по производству аммиака, метанола, гранулированного карбамида и аммиачной селитры ОАО «Аммоний» в Менделеевском районе.

СЕКЦИЯ 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 621.311.04

СОЗДАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

А.Ю. ЧЕРНОМАШЕНЦЕВ, Д.В. КОВАЛЬЧУК, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ

Основная цель диагностического контроля – на основе определения состояния изоляции максимально использовать фактический ресурс оборудования и предотвратить аварийный отказ оборудования. Своевременное выявление дефектов в изоляции без отключения питающего напряжения позволяет выполнять диагностику высоковольтного оборудования, обеспечивая как слежение за ресурсом изоляции, так и позволяя решать вопрос о продлении ее срока службы. Оперативная диагностика предполагает использование неразрушающих методов контроля, т.е. методов, не приводящих к расходованию ресурса, и осуществляется одновременно с выполнением изоляцией основных своих функций.

При длительном воздействии эксплуатационных факторов в изоляционных элементах могут возникать дефекты, электрофизические или механические характеристики которых будут отличаться от таковых для нормального состояния диэлектриков. Их рост обусловлен появлением сравнительно небольших электрических разрядов в зоне повышенной напряженности поля вблизи дефекта, которые называют частичными разрядами (ЧР). Таким образом, появление частичных разрядов свидетельствует о наличии дефекта изоляции, причем ЧР достигают обнаружимого уровня уже на самой ранней стадии развития дефекта.

В настоящее время метод диагностики с использованием ЧР нашел реальное применение только для контроля дефектности изоляции высоковольтных обмоток трансформаторов, изоляции электрических машин и изоляции высоковольтных кабелей. В то же время существующие методы контроля по ЧР не решают вопроса о контроле дефектов опорных и проходных высоковольтных изоляторов.

Для исследований ЧР в высоковольтных изоляторах была разработана лабораторная установка, состоящая из высоковольтного трансформатора, электромагнитного датчика, усилителя, платы АЦП и компьютера. Импульсные сигналы исследуемых образцов регистрировались электромагнитным датчиком. Устройство регистрации ЧР выполнено с использованием программного пакета LabVIEW и персонального компьютера, осуществляющего управление процессом измерения, и отображением данных о ЧР. В системе используется принцип амплитудно-фазовой регистрации ЧР, позволяющий определять среднюю интенсивность и количество импульсов ЧР за каждый дискретный интервал фазы переменного напряжения.

Были изучены особенности ЧР от линейных стержневых ПИ ЛК 70/30 и ЛК 70/110 как не имевших каких-либо дефектов, так и с определенными дефектами (частичные повреждения ребра и стержня) в зависимости от напряженности приложенного электрического поля.

Созданная установка позволит производить измерение ЧР в процессе нормальной работы оборудования без вывода его из эксплуатации и широко применяться для оценки состояния электрической изоляции высоковольтного оборудования. Обнаружение частичных разрядов является мощным средством для тестирования высоковольтного оборудования, как в лабораторных условиях, так и на реальных промышленных объектах. Система позволит выявить с определенной погрешностью тип и стадию развития дефекта, а также накопить информацию о частичном разряде для различных типов изоляторов.

УДК 621.376.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА ЧЕРЕЗ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ LC-КОНТУР В СРЕДЕ MULTISIM 10.1

П.Е. ДЕНИСЕНКО, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

Основной задачей исследования является анализ выходных спектральных характеристик АМ-сигнала после прохождения через последовательный или параллельный колебательные LC-контура. Аналогичная задача является очень актуальной при разработке избирательных волоконно-оптических датчиков температуры и давления.

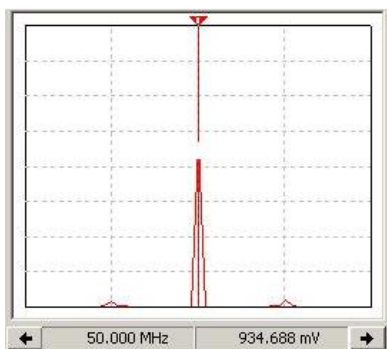


Рис. 1 АМ с подавленными боковыми гармониками

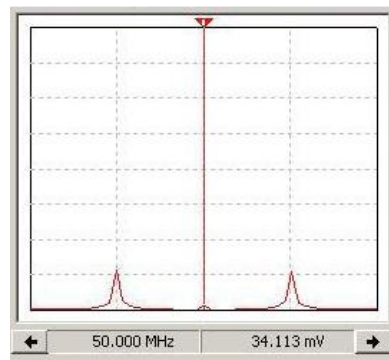


Рис. 2 АМ с подавленной несущей частотой

При настройке резонансной частоты последовательного LC-контура на несущую частоту исходного сигнала боковые гармоники сигнала подавляются. Степень подавления зависит от добротности контура. По фазе входной и выходной сигналы совпадают. Анализ сигнала при прохождении через параллельный колебательный контур с той же настройкой частоты показывает, что несущая частота подавляется. Таким образом, при высокой добротности контура можно получить двухполосную модуляцию с подавленной несущей. При двухполосной передаче не происходит амплитудных искажений. Боковые гармоники противофазны, фаза инвертируется на резонансной частоте.

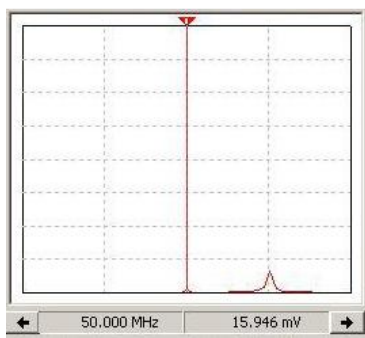


Рис. 2 АМ с выделенной верхней гармоникой

При расстройке резонансной частоты последовательного контура относительно несущей частоты сигнала мы подавляем несущую и одну боковую частоту, тем самым, с учетом высокой добротности контура, не искажая противоположную гармонику. Если в передатчике подавлены несущая и одна из боковых полос, первоначальная информация, содержащаяся в модулирующем сигнале, может быть полностью воспроизведена в приемнике с помощью гетеродина, восстанавливающего несущую частоту. Фаза восстановленной несущей не играет роли. Искажения огибающей, возникающие вследствие фазовой модуляции, не зависят от фазы восстановленной несущей относительно подавленной несущей.

УДК.621.314

МНОГОЧАСТОТНЫЙ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ

Ю.В. ЕРШОВА, Ф.И. КАЛУМБУ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук.: д-р физ.-мат. наук, проф. А.А. НАУМОВ;
канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Состав и свойства которой изменяются под воздействием различных факторов в довольно значительных пределах, главными из которых являются любые внутренние повреждения маслонаполненного оборудования. Большинство развивающихся дефектов (до 70 % дефектов оборудования) может быть определено посредством своевременного контроля состояния трансформаторного масла. Доступность трансформаторного масла, как носителя диагностической информации, очевидна. Поэтому контроль качества трансформаторного масла не только способствует повышению безотказности работы маслонаполненного электрооборудования, но и позволяет эффективно решать задачи диагностирования и прогнозирования его технического состояния.

Методы контроля качества трансформаторного масла должны быть многокомпонентными, экспрессными, экономичными, удобными в работе, способствовать автоматизации и внедрению технологии виртуальных измерительных приборов. Данным требованиям удовлетворяет импедансометрический метод анализа, в основе которого лежит принцип регистрации изменений импеданса электрической цепи переменному току.

Пассивные электрические свойства трансформаторного масла также характеризуются импедансом, величина которого определяется его составом и частотой переменного тока. Поэтому можно предложить метод определения состава трансформаторного масла, основанный на измерении полного сопротивления его анализируемой пробы при различных частотах, число которых не менее числа определяемых компонентов. В этом и заключается электрофизическая сущность предлагаемого многочастотного импедансометрического многокомпонентного метода анализа состава трансформаторного масла.

УДК 623.592

ИМИТАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ СТРЕЛЬБЕ

В.В. ЛАПОЧКИНА, КГТУ 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 681.7

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ЛАЗЕРНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

А.А. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ

Среди множества методов ультразвуковой дефектоскопии менее изученной является лазерно-акустический метод контроля качества материалов. С точки зрения физики взаимодействия излучения с веществом, акустический отклик в виде ультразвукового сигнала содержит информацию о переходных процессах, происходящих в области облучения, за времена порядка длительности лазерного импульса. Прикладная ценность оптоакустического метода состоит в том, что оптически возбуждаемые акустические импульсы могут быть использованы как для определения параметров поглощающей среды (например, коэффициентов теплового расширения, теплопроводности), так и для исследования неоднородностей в твердом теле и на его поверхности. Возможности импульсной лазерной оптоакустики позволили активно использовать этот метод в дефектоскопии образцов в лабораторных условиях.

Для ультразвуковых волн использовался пучок оптического излучения от лазеров с длиной волны на второй гармонике 1,06 мкм, длительностью импульсов 7,5 нс и частотой следования 0,2 Гц. Регистрация акустических волн осуществлялась методом, основанном на прямом пьезоэффекте, с использованием пьезоэлектрического преобразователя (пьезокерамики) габаритными размерами 9,8×1,2×1,5мм.

При облучении исследуемого металлического образца без дефектов были зарегистрированы поверхностная акустическая волна и продольная компонента объемных волн. При сканировании материала с искусственно созданной царапиной на поверхности поверхностная акустическая волна отражалась от дефекта, не достигая пьезоэлектрического датчика и данный сигнал не регистрировался, что позволило судить о наличии поверхностного дефекта. Кроме этого данный метод позволяет обнаруживать трещины, пористости, неоднородности кристаллической решетки бесконтактным методом.

УДК 628.971.6

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

С.А. ОБРАЗЦОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Д.И. ПАНФИЛОВ

Наружное освещение является одним из крупнейших потребителей электроэнергии коммунального хозяйства города с огромным потенциалом энергосбережения, который может быть реализован при внедрении регулирования светового потока в зависимости от видимости, интенсивности движения на улицах города, времени суток, метеоусловий и т.п. При этом, по оценкам специалистов, экономится в среднем 35–45 % электроэнергии.

Зарубежный опыт эксплуатации интеллектуальных систем освещения, например, кольцевой автодороги Ring III в Финляндии, показывает, что основной проблемой является нарушение связи удаленных устройств управления с центральным диспетчерским сервером. Из-за отсутствия связи корректное управление освещением становится невозможным, что вызывает перерасход электрической энергии и снижение безопасности движения.

Для повышения надежности и живучести в настоящей работе система освещения построена в виде беспроводной сети интеллектуальных регулируемых осветительных установок с выполнением сформулированных принципов полуавтономности и локального взаимодействия между собой и с датчиками. Сеть связанных осветительных установок может быть рассмотрена как многоагентная система. Целью каждого агента является экономия электроэнергии с достижением высоких светотехнических показателей видимости и комфорта, а также повышение безопасности на дорогах. Для достижения поставленной цели каждый агент сети обменивается информацией с соседними агентами в логической группе, образованной на транспортном уровне разработанного стека протоколов, а также различными датчиками. Данный подход позволяет оперативно реагировать на изменяющуюся обстановку на дорогах, выход из строя светильников и т.д.

При этом решения принимаются посредством взаимодействия интеллектуальных агентов, а центральному диспетчеру отправляется лишь уведомление о принятом решении с указанием исходных данных, повлиявших на него. Центральный диспетчерский сервер проверяет корректность принятого решения и, в случае необходимости, имеет возможность директивно скорректировать режимы работы.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 годы» (2008-6-2.6-31-01-004).

УДК 621.396.96

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В НЕОДНОРОДНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕДАХ

М.Л. НГУАЙЯ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Г. КУБАРЕВ

В последние годы исследование механизмов изменения электрофизических параметров в неоднородных диэлектриках при их эксплуатации является актуальной задачей. Изменение электрофизических параметров данных диэлектриков может быть установлено путем их сканирования электромагнитными волнами и измерений коэффициентов отражения и прохождения. Установлению связи между этими коэффициентами и параметрами плоской электромагнитной волны посвящена данная работа. В работе рассмотрен случай, когда неоднородный диэлектрик моделируется набором однородных слоев, каждый из которых характеризуется своими электрофизическими параметрами. Вначале рассчитываются коэффициенты отражения и прохождения для одного слоя. Затем, используя рекуррентные соотношения, получены выражения для этих коэффициентов для всего многослойного диэлектрика. При этом учитывалось два основных условия. Во-первых, амплитуды отраженных электромагнитных волн между внутренними слоями занулялись, т.е. пренебрегали отражениями на неоднородностях. Во-вторых, в общем случае толщина слоя может изменяться в довольно широких пределах в зависимости от частоты сканирующих электромагнитных волн.

Для оценки выбранных приближений численным методом рассчитаны и построены графики для коэффициентов отражения и прохождения в зависимости от частоты в случае однослойного и многослойного диэлектриков.

Сравнения показали, что окна прозрачности и эффект полного отражения существенным образом зависят от распределения значений электрофизических параметров, толщин слоев и от направления падения цуга первоначальной электромагнитной волны. Анализ коэффициентов отражения установил совершенно новые свойства многослойных структур, особенно, если среди слоев наряду с диэлектриками имеются проводники и полупроводники. В какой-то мере такая структура может моделировать свойства фрактальных образований.

УДК 681.787.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

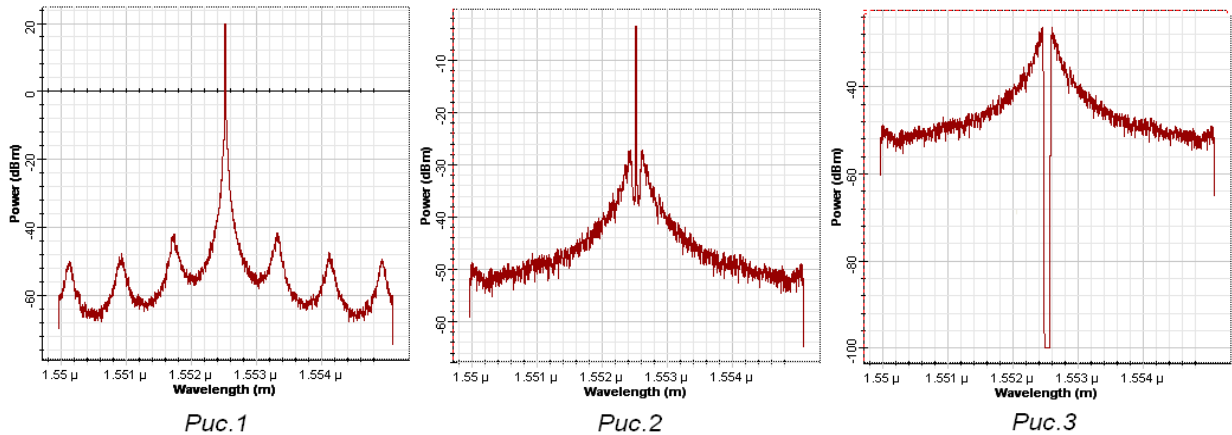
И.Р. САДЫКОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

Волоконно-оптические системы измерения находят широкий круг применений в отрасли энергетики. Для измерения температуры и давления используются датчики на основе интерферометра Фабри-Перо (ИФП) и волоконной решетки Брэгга (ВРБ).

Классические ИФП (внешние и внутренние по конструкции) представляются сложными в изготовлении, которое, как правило, происходит с нарушением целостности волокна. Для устранения этого недостатка было предложено использовать две ВРБ в качестве зеркал эквивалентного ИФП.

Нами было проведено моделирование указанных датчиков в программном пакете Optisystem, результаты которого в виде зависимости коэффициента пропускания от длины волны представлены на рис. 1–3.



На представленных графиках изображены характеристики пропускания для трех случаев: рис.1 – классический ИФП, рис. 2 – ИФП на основе ВРБ с длиной решеток 10 мм, рис. 3 – ИФП на основе ВРБ с длиной решеток 50 мм.

Для реального ИФП мощность в пике составляет $P = 20$ дБ, а величина свободного спектрально пространства на уровне 0,707 составляет $FSR = 0,25$ нм. Мощность в пике для ИФП на основе ВРБ с длиной решеток 10 мм составляет $P = -3$ дБ, а $FSR = 0,05$ нм.

ИФП с длиной решеток 50 мм перестает работать на пропускание и начинает на отражение. Мощность в пике при этом $P = -100$ дБ, а $FSR = 0,08$ нм. Данное явление объясняется значительно более высоким коэффициентом отражения зеркал ВРБ с большей длиной (50 мм > 10 мм).

Вывод: полученные характеристики ИФП на базе ВРБ свидетельствуют о возможности построения крайне узкополосных волоконно-оптических датчиков температуры и давления, что позволяет использовать для их зондирования различные одно-, двух- и многочастотные методы без применения сложных систем оптического анализа спектра.

УДК 621.314

АКТИВНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

М.М. РАХМАН, КГЭУ, г. Казань

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

Недостатком измерительных трансформаторов являются наличие погрешностей преобразования, обусловленных потерями мощности на перемагничивание и увеличивающихся по мере роста мощности на их

нагрузки. Нелинейность характеристики перемещения магнитопроводов и стремление ограничить погрешности на приемлемом уровне приводят к значительным размерам трансформаторов, в десятки раз превышающим размеры относительно сложных функциональных элементов измерительной части автоматических устройств интегральных схем.

Активные измерительные преобразователи (трансформаторы) напряжения практически не имеют погрешностей преобразования при миниатюрных, согласующих с интегральными элементами размерах: их погрешности не превышают 1 % погрешностей пассивных измерительных трансформаторов и трансреакторов. Они обеспечивают дополнительно и трансформаторы напряжения.

Активные измерительные трансформаторы выполняются с интегральным операционным усилителем. Указанное снижение погрешностей преобразования обеспечивается общей сильной отрицательной обратной связью, охватывающей измерительный преобразователь. Фактически действие отрицательной обратной связи состоит в почти полной компенсации МДС намагничивания магнитопровода, которая и обуславливает погрешности преобразования пассивных измерительных трансформаторов, создавая согласно неравенству МДС первичной w_1 и вторичной w_2 обмоток. Обратная связь – магнитна.

УДК 621.38

УСТРОЙСТВО СВЯЗИ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С МАСС-СПЕКТРОМЕТРОМ МХ-1310

Д.В. РАКОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

Масс-спектрометрия является физико-химическим методом анализа, заключающимся в переводе молекул образца в ионизированную форму с последующим разделением и регистрацией образующихся при этом положительных или отрицательных ионов. Масс-спектр – зависимость интенсивности ионного тока от отношения массы к заряду.

В лаборатории физико-химического анализа ИОФХ им А.Е. Арбузова эксплуатируется масс-спектрометр МХ-1310. Это – прибор первого класса, работающий в диапазоне от 1 до 1200 а.е.м.

Для повышения производительности масс-спектрометра МХ-1310 потребовалось его подключение к персональному компьютеру. Для выполнения данной задачи в ИОФХ им А.Е. Арбузова была приобретена специализированная система обработки информации (СОИ) MASPEC П³² DATA SYSTEM FOR WINDOWS. Данная система включает в себя два блока обработки сигнала и диск с программным обеспечением (ПО). Блоки подразделяются по разрешающей способности: низкого разрешения и высокого разрешения.

Одна из функций СОИ – снятие с соответствующих датчиков аналогового сигнала о значении поля электромагнита и сигнала об интенсивности тока ионов. Значение поля электромагнита фиксируется датчиком Холла, сигнал которого поступает на функциональный преобразователь, предназначенный для преобразования индукции магнитного поля в зазоре магнита в напряжение постоянного тока, пропорционального массовому числу.

Аналоговый сигнал, снимаемый с датчика Холла, находится в диапазоне от 1 до 300 мВ. Этот сигнал подается на вход блока низкого разрешения СОИ. Для получения необходимого уровня на входе данного блока ставится усилительный каскад на ОУ (МК Philips 531) с коэффициентом усиления по напряжению 33. Далее сигнал поступает на 16-разрядный АЦП (МК HS 9576К). При калибровке прибора каждому значению поля необходимо задать соответствующее значение массы. Для индикации интенсивности ионного тока сигнал с детектора ионов поступает на регистратор тока РТШ 1. С выхода РТШ 1 сигнал подается на вход блока низкого разрешения СОИ. Опытным путем было установлено, что по амплитуде выходной сигнал напряжения на РТШ 1 не превышает 20 В. В то время как на входе блока СОИ допустимо значение сигнала до 100 В. Поэтому на входе установлен усилительный каскад на ОУ (МК Philips 531) с коэффициентом усиления по напряжению 5. Далее сигнал также подается на 16-разрядное АЦП. ПО нормирует значение ионного тока относительно самого мощного сигнала текущего измерения.

УДК 621.315.54

СОВРЕМЕННЫЕ ВАКУУМНЫЕ РЕКЛОУЗЕРЫ

Г.С. МАТВЕЕВ, СФМЭИ, г. Смоленск

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

Вакуумный реклоузер – электрооборудование нового поколения, объединяющее в себе функции коммутационного аппарата и современной релейной защиты и позволяющее управлять режимами распределительных сетей 6–10–35 кВ.

Внедрение реклоузера в России произошло относительно недавно, около 10–15 лет назад. Возможности использования аппарата разнообразны – создание пункта секционирования, автоматический ввод резервного питания и др. Отличительными особенностями реклоузера являются наличие комплексной релейной защиты, различные каналы управления и связи.

Но наряду с преимуществами данного коммутационного аппарата, необходимо отметить его главный недостаток – высокую стоимость.

В качестве стандартной комплектации аппарата примем реклоузер РВА/TEL-10, предлагаемый компанией «Таврида Электрик». В состав поставляемого оборудования входят: коммутационный модуль, шкаф управления, соединительный кабель, ОПН. Стоимость комплектации составляет порядка 500 тыс. руб. Различные варианты аппарата предлагает компания «Инициатива», производящая реклоузеры типа ПСС-10 (пункт секционирования столбовой). Наиболее простая комплектация ПСС-10 стоит около 370 тыс. рублей. Сложные конструкции с двухсторонним питанием и двунаправленными защитами стоят чуть больше 500 тыс. рублей.

Стоит отметить модели реклоузеров на напряжение 35 кВ. Компания «Росполь-Электро» предлагает аппараты с твердой изоляцией и элегазовой изоляцией. Применяться эти реклоузеры могут для защиты ответственных ответвлений, для создания крупных секционирующих пунктов. Средняя стоимость аппаратов – 800 тыс. рублей. При создании распределительного устройства 35 кВ на базе реклоузеров, можно использовать комплекты типа БК-РЕКЛОУЗЕР-35, производимые Чебоксарским Электромеханическим заводом. Отличительной особенностью этого реклоузера является его установка в отдельно стоящем железобетонном здании.

В настоящее время на рынке представлено большое разнообразие конструкций реклоузеров, каждая из которых удовлетворяет определенным требованиям заказчика. Единственным нерешенным вопросом остается достаточно высокая цена данного оборудования.

УДК 621.314

ВОЗМОЖНОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.А. СВИЩЁВА, КГЭУ, г. Казань

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

Известно, что при протекании тока по обмоткам электротехнического оборудования возникают электродинамические воздействия между проводами, приводящие к возникновению акустических шумов, характер которых во многом определяется состоянием изоляции обмоток. Этот факт может быть положен в основу акустической диагностики обмоток электротехнического оборудования.

Спектральный метод по способу воздействия на объект можно условно разделить на пассивный и активный.

Пассивный метод диагностирует, как правило, механическую систему и представляет из себя регистрацию и интерпретацию собственных шумов электротехнического оборудования. Особенность этого подхода в том, что в дефектных конструкциях возбуждаются колебания при воздействии частоты сети и ее гармонических составляющих. Существенным преимуществом этого метода является то, что техническое состояние оборудования диагностируется в процессе его работы, а недостатком – ограничение определения дефектов с собственными частотами до 1 кГц в то время как спектр резонансных частот может ограничиваться несколькими сотнями кГц.

При исследовании активным спектральным методом, объект диагностики отключается, что, несомненно, является недостатком данного способа контроля, однако он позволяет более эффективно классифицировать дефекты, т.к. каждый отдельно взятый изъян, получив импульс, обнаруживается на своей собственной резонансной частоте, которую далеко не всегда можно получить, используя гармонические составляющие рабочих частот.

УДК 621.317.443

БЕЗИНДУКТИВНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

П.Ю. КОВАЛЕНКОВ, СФМЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. В.С. КОВЖЕНКИН

В сетях напряжением свыше 1000 В используются измерительные трансформаторы напряжения (ТН) электромагнитного типа. В тех случаях, когда емкостное сопротивление сети и индуктивное сопротивление ТН составляют колебательный контур, может возникнуть феррорезонанс, пагубно влияющий на точность работы комплекса подключенных к этим ТН устройств и на сохранность самого ТН.

Разработка безиндуктивного измерительного преобразователя напряжения позволит уйти от данной проблемы, также минимизируя последствия перенапряжений, возникающих в классических ТН при однофазных коротких замыканиях через электрическую дугу.

Вариантом может служить устройство, изготовленное из кабеля соответствующего напряжения до 35 кВ включительно (рис.).

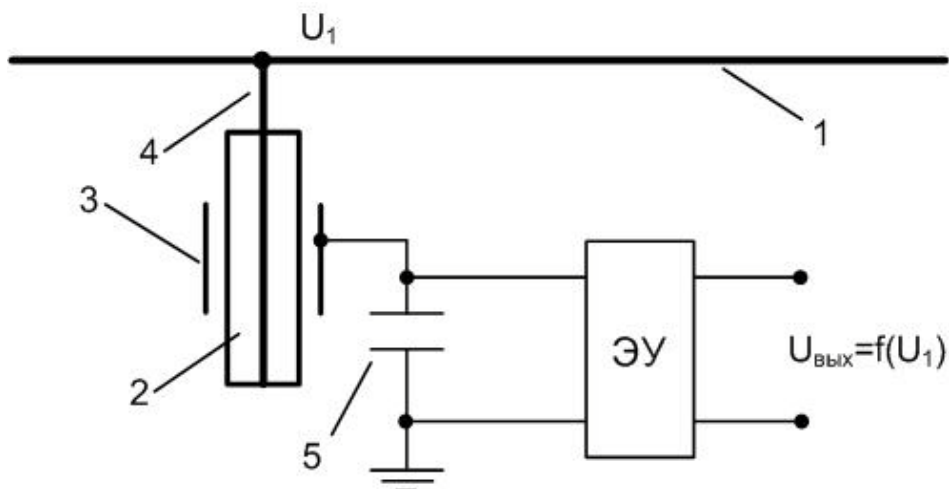


Рис. Схема безиндуктивного измерительного преобразователя напряжения:
1 – фаза ЛЭП; 2 – кабель; 3 – фольга, либо экран; 4 – жила кабеля;
5 – конденсатор; ЭУ – электрометрический усилитель

Установка может быть применена для индикации наличия напряжения, и для измерения напряжения при соответствующем выборе параметра конденсатора 5.

Преимущества заключаются в экономичности изготовления устройства, поскольку промышленные конденсаторы имеют несоизмеримо большую стоимость, а также в том, что оно пригодно для устройств измерения и защиты на новой элементной базе (микропроцессорные) и для организации любых фильтров.

УДК 621.38

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ГАЛЕНИТЕ С ПРИМЕСЯМИ

А.М. СИНИЦИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

Кристаллы галенита (сульфид свинца) были одним из первых материалов, на которых возникла полупроводниковая электроника. Галенит является фоточувствительным материалом с малой шириной запрещенной зоны ($\Delta E_3 \approx 0,41$ эВ), имеет непараболическую зону проводимости и обладает большим значением статической диэлектрической проницаемости. В отличие от большинства полупроводниковых материалов ширина запрещенной зоны у галенита весьма сильно возрастает с температурой. В последнее время на основе галенита и других сульфидов двухвалентных металлов интенсивно начали создаваться слоистые структуры с квантово-размерными слоями (сверхрешетки). В таких структурах неравновесные возбужденные светом носители заряда очень сильно взаимодействуют с пьезоэлектрическими возбуждениями.

В данной работе методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) изучалось влияние различных парамагнитных примесей на динамические параметры свободных носителей заряда. В качестве примесей были использованы марганец, хром и никель. Электронный парамагнитный резонанс наблюдался на частоте 9,3 ГГц на классическом спектрометре электронного парамагнитного резонанса. Образец помещался в резонатор в пучность сверхвысокочастотного (СВЧ) магнитного поля.

Изучались образцы PbS с примесями марганца ($c \leq 0,2$ ат.%), хрома ($c \leq 0,4$ ат.%) и никеля ($c \leq 0,3$ ат.%). Было обнаружено, что во всех исследуемых образцах при температуре жидкого азота ЭПР не наблюдается. Но при температуре жидкого гелия достаточно интенсивные линии ЭПР были зарегистрированы в образцах PbS:Mn и PbS:Cr. На основе анализа формы линий ЭПР и зависимости их интенсивности от концентрации и природы примеси был сделан вывод о том, что ЭПР наблюдается в обоих образцах, как на ионах примеси (Cr^{3+} и Mn^{2+}), так и на электронах проводимости.

Показано, что время спин-решёточной релаксации электронов проводимости сильно сокращается с повышением температуры.

Запланированы эксперименты, где эти зависимости будут выявлены.

УДК 530.1:537.86+621.396.96

ИЗМЕРЕНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ ПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Н.А. ДИАНДИМБА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Г. КУБАРЕВ

Огромное число реальных физических систем и веществ в соответствующих диапазонах масштабов обладает фрактальной природой, которая характеризуется определенной масштабной инвариантностью и определяется значениями одной или несколькими дробными размерностями. Полезность такого подхода при описании необычных свойств данных, обычно пористых, материалов несомненна. Однако практическое определение фрактальных размерностей является не простой задачей. Обычно для этой цели используется малоугловое рассеяние света, но и в этом случае требуются источники света с широким диапазоном длин волн. Поэтому в данной работе для проводящих материалов предлагается применить скин-эффект при определении величины фрактальной размерности. Были выбраны цилиндрические проводники с шероховатой или нерегулярной поверхностью, по которым пропускался высокочастотный электрический ток. В предположении того, что на поверхности проводника имеются продольные и поперечные фрактальные длины, а также фрактальная площадь, рассчитан объем слоя вещества, в котором электрическое поле отлично от нуля.

В результате расчетов была получена мощность, рассеиваемая веществом, в зависимости от частоты в случае сильного скин-эффекта и фрактальной поверхности проводника. Из соотношения для мощности определена зависимость электрического сопротивления проводника от частоты. Отсюда, в логарифмических координатах зависимости мощности и сопротивления от частоты получены графики прямых линий с угловыми коэффициентами, определяющими значения фрактальных размерностей. Таким образом, скин-эффект позволяет в подобных экспериментах измерить величины фрактальных размерностей шероховатых поверхностей.

Хотя надо иметь в виду, что не во всем частотном интервале реальные проводники обнаруживают аномальный скин-эффект. Это зависит и от величины скин-эффекта и от механической обработки проводника, т.е. в соответствии с масштабами глубины скин-слоя поверхность проводника кажется шероховатой или гладкой, что может привести к мультифрактальным свойствам неоднородной поверхности.

УДК 168.3

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИФТОМ

М. ДЖОРДЖ, КГЭУ, г. Казань

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

Лифты в настоящее время являются важнейшим техническим устройством зданий и сооружений позволяющим выполнять разнообразные функции – доставка грузов и пассажиров, экскурсионное обслуживание, обеспечение безопасности и т.д.

Лифты различаются принципом устройства приводной системы: электрическим и гидравлическим. Электрический лифт - это классический вариант конструкции подъемника с тяговыми канатами и двигателем. Система управления лифтом, обеспечивающая алгоритм его работы, может быть выполнена на различной элементной базе: релейной, электронной или микропроцессорной. Последняя является наиболее современной и перспективной.

Целью разработки является создание микропроцессорной системы управления грузо-посажирским лифтом для 3-х этажного магазина, обеспечивающая алгоритм его работы. Также поставлена задача изготовления реальной модели лифта.

В процессе работы с помощью программы Matlab смоделированы и рассчитаны параметры устройств управления, сняты рабочие характеристики (скорость, момент, ток, частота и угол сдвига фаз в зависимости от времени). ДПТ, используемый в этой модели, управляется и регулирует нужную скорость двигателя с помощью широтно-импульсной модуляции. Для создания алгоритма работы и написания программы используется язык программирования C++.

Система управления основана на микроконтроллере Atmel 16, элементах в виде системы кнопок, индикаторов, оптопар и т.д., которые позволяют производить полный алгоритм управления лифтом – вызов кабины с каждого этажа, управление дверью лифта, индикацию положения.

В микроконтроллере Atmel 16, задействованы порты (А, В, С, D) с помощью которых осуществляется подключение элементов управления и индикации. Порты В микроконтроллера подключены к кнопкам управления, порты С – индикации, порты А – датчик положения в виде оптопары, порты D – драйвер двигателя лифта. Для обеспечения плавности хода лифта используется управление скоростью двигателя по методу широтно-импульсной модуляции, выполненной на основе таймера микроконтроллера.

УДК 621.38

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА ЭПР

И.М. САФАРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат.наук, проф. В.А. УЛАНОВ

В различных научно-исследовательских лабораториях имеются сложные и дорогие электронные системы и устройства, произведенные 10–15 лет назад и содержащие узлы, работающие в СВЧ диапазоне. Характеристики большинства таких приборов могут быть улучшены путем модернизации их узлов на базе новых полупроводниковых приборов.

Целью данной работы явилась модернизация спектрометра электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) марки Е-12, используемого в исследованиях магнитных свойств кристаллов с парамагнитными примесями. Основное внимание было уделено повышению чувствительности тракта усиления сигнала ЭПР. Поскольку приемный тракт спектрометра построен по схеме прямого детектирования сверхвысокочастотного (СВЧ) сигнала, отраженного от резонатора,

решение задачи было связано с увеличением эффективности детектора. С этой целью полупроводниковый диодный детектор был заменен транзисторным детектором, построенным на биполярном транзисторе КТЗ115-2. Граничная частота усиления данного транзистора относительно не высока, но нами установлено, что в амплитудном детекторе он может быть использован и на более высоких частотах. Последнее объясняется тем, что при детектировании транзистором СВЧ сигнала основные процессы протекают в области его эмиттерного *p-n*-перехода. Поскольку емкость этого перехода сравнима с емкостью полупроводниковых СВЧ диодов, а крутизна его вольтамперной характеристики достаточно высокая, то эффективность детектирования транзисторного детектора может оказаться более высокой. Одновременно с этим появляется возможность снижения собственных шумов детектора благодаря значительно более низкой величине среднего тока, протекающего в цепи базы используемого в детекторе транзистора. Конструкция предлагаемого детектора представляет собой отрезок короткозамкнутого волновода с трансформатором полных сопротивлений, служащим для согласования волнового сопротивления источника СВЧ колебаний и входного сопротивления транзисторного детектора. Передача сигнала в базовую цепь транзистора осуществляется посредством небольшого отрезка коаксиального волновода, индуктивно связанного с входным волноводом.

УДК 621.38

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

Ю.А. АРТЕМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Л.Г. КУЛАГИНА

В работе представлена разработка фотодатчика движения.

Фотоэлектрические датчики данного типа содержат излучатель и приемник. Световой луч распространяется от излучателя до рефлектора-цели и затем, отражаясь, попадает в приемник. Объект обнаруживается, если он прерывает световой луч.

Фотодатчики могут излучать свет в инфракрасном, красном или зеленом цветовом диапазоне видимого спектра. Выходной управляющий сигнал датчика представляет собой логическое «да» или «нет». Задача датчика – обнаружить объект на расстоянии, варьируемом в пределах рабочего диапазона.

Схема фотодатчика позволяет включать его в работающую систему без ее остановки. Схема должна быть устойчива к сбоям по питанию, иметь защиту от зависаний.

Интеллектуальный датчик способен самостоятельно подстраиваться под условия эксплуатации и непрерывно регулировать свою чувствительность в целях достижения максимальной эффективности.

Важнейшими функциональными отличиями фотодатчика являются бесконтактный принцип и цифровой (переключаемый логический) выход.

Принципиальная схема основного варианта фотодатчика реализует только основную функцию – определение наличия объекта перед фотодатчиком и выдачу стробирующего импульса. Схема содержит следующие элементы: излучающий инфракрасный диод со схемой управления; фотодиод приемника инфракрасных сигналов; предварительный усилитель фотодиода; супервизор питания со схемой защиты от зависаний; микроконтроллер.

В описываемом фотодатчике использован микроконтроллер AT89C2051. Микроконтроллер работает на тактовой частоте 12 МГц. Линии порта 3 используются следующим образом: P37-выход отрицательных импульсов для управления светодиодом; P35-используется как тестовый выход, на котором формируется эхо импульсов опознавания предмета; P34-выход подзаряжающих импульсов на WDT. Линии порта 1 используются для следующих целей: P17-управление зеленым светодиодом; P15-вход для анализа сигналов от предварительного усилителя фотодиода.

Фотодатчик должен иметь достаточно малые размеры и малое энергопотребление, а также питаться от одного источника питания.

УДК.621.316

СОВЕРШЕНТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ОТ НЕПОЛНОФАЗНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И НЕСИММЕТРИИ ПИТАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Д.С. ВАРЛАМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Система автоматизации существующих станций управления погружными электронасосными агрегатами водоснабжения не

обеспечивает защиту их приводных электродвигателей от неполнофазного режима работы при обрыве фазных проводов на участке электрической сети за местом установки щита управления двигателем. В то же время, именно эти участки электрической сети погружных электронасосных агрегатов находятся в самых неблагоприятных условиях работы и вероятность обрыва здесь фазных проводов и связанное с ним неполнофазное питание электродвигателя намного больше. В связи с этим необходимо выявить пути дальнейшего совершенствования защитных устройств от несимметрии напряжений фаз питающей сети и неполнофазных режимов работы водопогружных электродвигателей. Любое нарушение симметрии трехфазных напряжений или токов приводит к появлению в трехфазной сети симметричных составляющих напряжений или токов обратной и нулевой последовательностей, по наличию которых можно сделать вывод о неполнофазном режиме работы электронасосных агрегатов. Для выделения в трехфазной сети соответствующих симметричных составляющих напряжений или токов с целью выявления неполнофазного режима работы можно использовать фильтры симметричных составляющих.

УДК.621.316

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КОНТОЛЯ СИММЕТРИИ ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Д. ПЕДРО ИБРАХИМ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Трехфазные синхронные и асинхронные электродвигатели – наиболее распространенные силовые элементы электрических приводов различного оборудования, отказы которого вызывают нарушения технологического процесса, приводящие к порче или недовыпуску продукции. Рабочие характеристики трехфазных синхронных и асинхронных машин зависят от системы трехфазных напряжений на обмотках статора. При идеальной симметричной системе и синусоидальной форме питающих напряжений в электродвигателе образуется круговое вращающееся магнитное поле статора, которое обеспечивает наиболее благоприятный режим его работы. В то же время трехфазные электродвигатели обычно получают питание от электрических

сетей с напряжением 380/220В, в которых часто из за нарушений правил электроустановок всегда существует высокая вероятность возникновения несимметричного и неполнофазного режимов, искажающих вращающееся магнитное поле статора. Общее влияние несимметрии напряжений на электрические машины выливается в значительные потери мощности и снижение срока их службы. Например, при длительной работе с коэффициентом несимметрии по обратной последовательности $K_{2U} = 2...4 \%$, срок службы электрической машины снижается на 10...15 %, а если она работает при номинальной нагрузке, срок службы снижается вдвое. В связи с этим совершенствование средств контроля несимметрии напряжений и неполнофазных режимов питающей сети электродвигателей способствует повышению срока их службы. Задача контроля симметрии системы трехфазных напряжений и токов может быть решена на основе использования способа эллипса (фигур Лиссажу). Однако решать эту задачу для различных потребителей электроэнергии в широком диапазоне их мощностей и значений параметров традиционными методами и техническими средствами не рационально и даже практически невозможно. Для решения данной задачи предлагается использовать технологии создания виртуальных измерительных приборов.

УДК 624.19:625.78

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТКАЧКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТАНЦИЙ МЕТРО

А.Р. САМИГУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ОРЕХОВ

Многолетний опыт строительства станций метрополитенов показал, что в процессе прокладки тоннелей не исключается возможность появления подземных вод. Наличие подземных вод при проходке тоннеля всегда осложняет производство проходческих работ. В зависимости от гидрогеологических условий приток воды в выработку может изменяться в больших пределах: от нескольких кубических метров в час до 2000–2500 м³/ч. Их откачка, обычно, производится насосами. Процесс откачки воды автоматизируется таким образом, что по мере увеличения объема подземных вод в эксплуатацию вводятся дополнительные насосы, и наоборот. Автоматизировать процесс можно с помощью языка программирования Lab View.

При ведении проходческих работ в атмосферу горной выработки выделяются пыль и газы, оказывающие неблагоприятное действие на работающих. Для подачи свежего воздуха в шахту применяют шахтную вентиляцию. В зимнее время температура подаваемого в шахту воздуха должна быть не ниже +2 °С. Для обогрева воздуха применяют калориферы. Процесс вентилирования также можно автоматизировать при помощи программы Lab View включая подогрев, необходимый в зимнее время.

Все это дает возможность улучшить условия труда для работающих, уменьшить затраты на электроэнергию и исключить недогрузку двигателей.

УДК 621.314

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

А.И. ФАТКУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

При построении многофункционального программно-аппаратного электроизмерительного комплекса для сбора и обработки данных, контроля и управления, особенно связанных с функционированием в производственных условиях, приходится сталкиваться с необходимостью обеспечения гальванической развязки измерительных цепей, цепей ввода/вывода данных, с одной стороны, и цепей исследуемой электрической сети, с другой. При этом гальваническая развязка используется в основном для решения следующих задач:

- измерения напряжений и токов с устройств масштабирования находящихся под значительным напряжением относительно земли;
- исключения влияния паразитных связей через общую с другими устройствами земляную шину и токов утечки от других устройств на чувствительные измерительные цепи;
- защиты человека и приборов от опасных воздействий напряжений и токов.

При выборе наиболее рационального способа гальванической развязки следует в первую очередь руководствоваться следующим:

- устройство гальванической развязки должно обеспечивать требуемую частотную полосу пропускания (предполагаемая полоса пропускания до 40-й гармоники напряжения сети);

- линейность в полосе пропускания (преобразовывать ток и напряжение с точностью до 0,1 % в широком частотном диапазоне 0...500 кГц);

- сравнительно небольшие габаритные размеры компонентов, реализующих развязку.

Традиционные средства гальванической развязки (трансформаторная и оптоэлектронная) вносят значительные амплитудные и фазовые искажения в исследуемый сигнал на высоких частотах, либо сложны и недостаточно надежны. Это предполагает проведение анализа возможных способов построения гальванической развязки и выбор рационального. Предлагается эффективный вариант реализации оптоэлектронной гальванической развязки.

УДК 621.38

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MULTISIM 10.1

М.М. ШАФИГУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время моделирование управляющих устройств в программной среде MULTISIM наиболее актуально. Современные интеллектуальные информационные технологии значительно дополняют и позволяют улучшить традиционные системы образования и создать принципиально новые компьютерные технологии обучения. Для конкретной изучаемой области системы компьютерного моделирования имеют свои преимущества перед традиционными формами обучения и в значительной степени зависят от используемых программных сред и технических средств. Нами предлагается обучающий комплекс по изучению, проектированию и исследованию управляющих устройств на базе современной системы компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств MULTISIM 10.1.

Программа MULTISIM 10.1 является одним из самых мощных инструментов для моделирования электронных устройств, позволяет сделать наглядным изучение теоретического материала, а также подготовить студента к работе в реальной лаборатории, обучая его методике проектирования и проведения экспериментальных исследований. Легкость сборки схем и проведения измерений позволяет проводить оптимизацию схем, а также использовать показания приборов для проверки расчетов схем, проводимых по индивидуальным заданиям,

контрольным работам и т.д. Разработанный комплекс адаптирован к выполнению лабораторного практикума по дисциплинам микропроцессорной электроники, а также для организации самостоятельной работы студентов.

В созданных лабораторных работах рассматриваются вопросы анализа и синтеза логических схем управления, проектирования и исследования управляющих схем микропроцессорных устройств. Обучающий процесс построен таким образом, что студенты предварительно изучают теоретическую часть, впоследствии применяя полученные знания в практических и лабораторных работах.

Лабораторный практикум включает: ознакомление с программной средой и интерфейсом MULTISIM 10.1, изучение контрольно – измерительных приборов и элементной базы; изучение теории проектирования цифровых схем, синтез, моделирование и исследование цифровых устройств. Высокий обучающий эффект разработанного комплекса повышает интерес и мотивацию студентов к дальнейшей самостоятельной творческой познавательной деятельности.

УДК 621.38

КОМПЛЕКС ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»

А.Б. БАШИРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. ПОТАПОВ

В последние годы в вузовском образовании ускоренно развиваются дистанционные формы обучения. Основным препятствием использования дистанционной формы в подготовке инженерных специальностей в технических вузах является невозможность проведения лабораторных практикумов на основе традиционных технологий обучения и устаревшего приборного парка. Для решения этой задачи нами была выбрана среда программирования LabVIEW, поскольку преимущество технологии виртуальных приборов состоит в возможности программным путем, опираясь на мощь современной компьютерной техники, создавать разнообразные приборы, измерительные системы и программно-аппаратные комплексы, легко их адаптировать к изменяющимся требованиям, уменьшить затраты и время на разработку.

С помощью программы LabVIEW, нами разработаны виртуальные лабораторные стенды по дисциплине «Микроэлектроника». Они предназначены для студентов заочной и дистанционной форм обучения. Лабораторный комплекс содержит следующие работы «Изучение ВАХ диодов», «Изучение ВАХ биполярных транзисторов в схемах с ОЭ, ОБ, ОК», «Изучение ВАХ полевых транзисторов в схеме с ОИ». В данных работах студенты строят, рассматривают и анализируют ВАХ полупроводниковых приборов на каждом участке. Также доступно исследование ВАХ при изменении температуры. На каждом этапе можно сохранять текущие результаты измерений и построенные зависимости для их дальнейшей обработки.

Имеется возможность проводить анализ множества диодов и транзисторов. Поскольку для их описания используются SPICE модели, то номенклатуру исследуемых приборов легко расширить, добавив соответствующие параметры.

УДК 683.1

ИСТОЧНИК БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ С КОММУТИРУЕМЫМИ ВЫХОДНЫМИ ОБМОТКАМИ

ГАЗАЛЬ АИНИЯ КАСИМ МОХАМАД РИДА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. КАМИНСКИЙ

Во многих регионах мира часто практикуют плановые и внеплановые отключения электроэнергии. Разрабатываемый источник бесперебойного питания (ИБП) позволяет обеспечить питание ответственных устройств на непродолжительное время и построен по схеме с двойным преобразованием энергии.

Структурная схема предлагаемого ИБП содержит выпрямитель, регулятор постоянного напряжения, инвертор, коммутатор, АЦП, микропроцессорное устройство управления, датчики тока и напряжения. С выхода выпрямителя выпрямленное и сглаженное сетевое напряжение поступает на регулятор постоянного напряжения, который формирует пониженное напряжение, равное приблизительно 12 В. Пониженное напряжение подается на инвертор, создающий на выходе переменное напряжение 220В, а также используется для заряда аккумуляторной батареи.

При работе ИБП контролируются входное напряжение сети, напряжение и ток аккумуляторной батареи, выходные напряжение и ток инвертора. Такая схема обеспечивает следующие преимущества: наилучшим образом фильтруются все виды сетевых помех; помехи, создаваемые нагрузкой, не попадают во внешнюю сеть; отсутствует фазовый скачок выходного напряжения и существенно уменьшено время переключения на работу от аккумуляторной батареи.

По техническим данным напряжение аккумулятора может находиться в пределах от 10 до 14 В, что составляет 16,6 % от номинального значения 12 В. Для получения выходного напряжения с отклонением в требуемых пределах ± 10 % в устройстве применяется многосекционная вторичная обмотка, содержащая основную и дополнительную катушки.

В зависимости от значения напряжения аккумулятора устройство управления принимает решение о необходимости подключения дополнительной обмотки, которая может быть включена как согласно, так и встречно.

Получены расчетные соотношения для оптимальных коэффициентов преобразования основной и дополнительной катушек.

UDC 683.1

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY WITH SWITCHED TARGET WINDINGS

GHAZALEH AINIIEH KASIM MOHAMAD RIAD, KSPEU, Kazan
Research supervisor, candidate technical science, associate professor
S.S.KAMINSKI

In many regions of the world planned and off-schedule power cutoffs are often in practice. The developed source of an uninterrupted supply (UPS) allows to provide a supply of responsible devices for short time and is constructed using the scheme with double transformation of energy.

The block scheme of the offered UPS contains the rectifier, a regulator of constant voltage, the inverter, the switchboard, analogy-digital transformer, a microprocessor control mean, current and voltage gauges. The straightened and smoothed voltage exits from a rectifier and arrives on a regulator of constant voltage which forms the lowered voltage equal approximately of 12 V. The lowered voltage moves to the inverter which creates an alternating voltage 220V

on the exit, and the inverter is also used for a charge of the storage battery. At UPS work entrance voltage of a network, the voltage and the current of the storage battery, target voltage and an inverter current are supervised. Such scheme provides following advantages: all kinds of network hindrances are in the best way filtered; the hindrances created by loading, do not get to an external network; there is no phase jump of target voltage and time of switching for work from the storage battery is essentially reduced.

Under specifications the voltage of the accumulator can be in limits from 10 to 14 V that makes 16,6 % from rating value 12 V. For receptions of target voltage with a deviation in demanded limits ± 10 % the multisection secondary winding containing the basic and additional coils is applied in the device.

Depending on the value of voltage in the accumulator the control mean makes the decision on necessity of connection of an additional winding which can be included as directly, and indirectly.

Accounts for optimum factors of transformation of the basic and additional coils are received.

УДК 621.316.5

КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ДИОКСИДАХ ВАНАДИЯ

А.Г.Н. МАСИАБ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.П. ЗЕНЦОВ

Развитие энергетики, характеризуемое непрерывным ростом потребления и выработки электроэнергии, требует дальнейшего развития электроэнергетических систем, что, в свою очередь, требует увеличения пропускной способности ВЛ с одной стороны, и быстрого управления потоками мощности с другой. Рост пропускной способности ВЛ сейчас в основном обеспечивается увеличением номинальных напряжений. Однако увеличение единичных мощностей может идти по путям увеличения плотности тока, которое открывает криогенная техника. С ростом мощности систем все более сложной становится проблема силового управления. В настоящее время основным элементом систем управления является коммутационная аппаратура контактного типа, которая уже близка к физическому и технико-экономическому пределу своих возможностей.

Все это определяет необходимость поиска принципиально новых путей решения проблемы силового управления режимами больших электрических систем. Создание принципиально новых бесконтактных силовых управляемых коммутационных устройств стало возможным благодаря использованию явления фазового перехода. Понятие перехода распространяется на достаточно широкий круг веществ, в которых под воздействием внешнего фактора, например, давления электрического поля, происходит резкое изменение электропроводимости.

В настоящее время оказался эффективен такой переходной элемент из материала резко меняющий свои свойства, в том числе и сопротивление при температуре срабатывания. Одним из наиболее известных и широко применяющихся таких материалов, является двуокись ванадия.

Пленки из диоксида ванадия очень широко используется для создания различных устройств, такие как термореле и опто-выключатели. Это показывает перспективы использование таких пленок в будущем для создания новые коммутационные устройства.

УДК.621.316

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ПООЧЕРЕДНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

СИКАЗВЕ НАЙМАН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Системы вентиляции и кондиционирования промышленных предприятий обеспечивают соблюдение необходимых параметров воздушной среды, в соответствии с требованиями производственного процесса и в силу ответственности выполняемых функций должны отличаться повышенной надежностью. Несмотря на большое разнообразие структурных и конструктивных решений практически все системы вентиляции и кондиционирования промышленных предприятий в составе своего электропривода имеют несколько трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, мощность которых определяется мощностью системы. Одновременный пуск большого количества асинхронных двигателей нежелателен, так как их суммарный пусковой ток, во много раз превышающий номинальный, загружает сеть весьма

большими токами, что вызывает в ней большие падения напряжения и задерживает процесс восстановления нормального напряжения. Время самозапуска двигателей при этом увеличивается, а в ряде случаев величина пускового момента недостаточна для пуска двигателя. Кроме того, многие бытовые и промышленные кондиционеры требуют трехминутной задержки повторного включения. Поэтому для приводных трехфазных двигателей наиболее ответственных производственных систем вентиляции и кондиционирования воздуха, оснащенных компьютерными системами контроля и управления, необходимо исключать возможность самозапуска механизмов, снабдив их специальной аппаратурой для автоматического самозапуска, обеспечивающей требуемую задержку и безопасное последовательное подключение к сети нескольких двигателей.

УДК. 621. 316

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR SEQUENTIAL SWITCHING OF THREE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTORS FOR SYSTEMS OF VENTILATION AND AIR CONDITIONINGS

SIKAZWE NYMAN, KSPEU, Kazan

Research supervisor, candidate technical science, associate professor

V.I. KAPAEV

The systems of the ventilation and air-conditionings industrial enterprise ensure observance of the necessary parameters of the air ambience, in accordance with requirements of the production process and on the strength of responsibility of executed function must differ raised reliability. In spite of broad range structured and constructive decisions practically all systems of the ventilation and air-conditionings industrial enterprise in composition of its electro drive have several three-phase asynchronous motors squirrel cage type, whose power is defined by power of the system. Simultaneous, starting large number of the asynchronous motors is undesirable, since their total starting current, in many time exceeds the nominal, overloading the supply network, which can cause in the supply network large voltage drop and delay the restoration process of the nominal voltage. Time for self starting of motors herewith increases, but in row of the events the value of starting torque is insufficient for starting the motor.

Besides that, many household and industrial conditioners require the three-minute delay of the repeated switching. Therefore, for three phase drive motors of the most responsible production systems of the ventilation and air-conditionings, equipped with computer systems of control and management, appropriate use the possibility of mechanism self starting, having supplied them with special automatic equipment for automatic self starting, providing automatic delay and safe consequent connection to network several motors.

УДК 621.38

**ПРИМЕНЕНИЕ МИНИМАКСНОГО КРИТЕРИЯ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАММ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА
ЗАНИЖЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТЯХ
ПОСТОЯННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА ЭНЕРГОСИСТЕМ**

А.И. ФАРРАХОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В большинстве случаев задача локализации места пониженного сопротивления изоляции в сетях постоянного оперативного тока энергосистем решается путем последовательного электрического разобщения элементов сети с последующим контролем значения сопротивления изоляции. Решать эту задачу приходится в напряженной ситуации в условиях острого дефицита времени и пошагового поступления исходной информации для выработки управляющих воздействий. Все это вынуждает диспетчера вести поиск, полагаясь в основном на свой опыт, память и интуицию. Очевидно, что в этом случае основные количественные показатели, характеризующие эффективность управления, не будут минимальными. Применение оптимальных стратегий в работе диспетчерских служб позволяет вести поиск повреждения изоляции не бессистемно, не интуитивно, а на основе конкретных расчетов, минимизирующих заданные критерии. Практически все известные методы оптимизации процедур диагностирования базируются на критерии минимума средней продолжительности их реализации, гарантирующих лишь статистическую минимизацию процедур, при этом продолжительность процедур в каждом конкретном случае диагностирования может существенно превышать продолжительность статистически минимальной процедуры.

Знание максимально возможного уровня затрат времени на локализацию места пониженного сопротивления изоляции позволит принимать обоснованное решение на восстановление утраченной работоспособности сети постоянного оперативного тока в каждой конкретной ситуации. Предлагается строить программы локализации места заниженного сопротивления изоляции в сетях постоянного оперативного тока на основе минимаксного критерия, гарантирующего минимальную продолжительность диагностирования в любом случае отказа.

УДК 620.179

СИНТЕЗ ВЕЙВЛЕТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВИБРАЦИЙ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ

В.Ю. ЧИЧАРИН, А.Б. БАШИРОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. АСКАРОВ

В настоящее время для оценки виброненадежности оборудования используют стендовые испытания с формированием механических колебаний, имитирующих условия эксплуатации. Вибрационные нагрузки зачастую действуют в широком диапазоне частот и имеют случайный характер, причем статистические характеристики меняются, что указывает на нестационарность вибрации во времени. При лабораторных испытаниях эксплуатационную вибрацию заменяют простыми моделями, среди них наиболее достоверные оценки надежности дают методы формирования широкополосных случайных стационарных колебаний. Как известно, при спектральном анализе нестационарность исследуемого сигнала приводит к появлению дополнительной погрешности, что является ограничением в применении в существующих средствах возбуждения и контроля вибрации.

Решение этой задачи возможно на основе вейвлет-преобразования, при котором осуществляется разложение сигнала в частотно-временном базисе, что позволяет исследовать спектральные характеристики с высокой разрешающей способностью. В качестве базисных используют функции удовлетворяющие условиям: равенство нулю среднего значения, локализация во времени и по частоте, наличие нулевых моментов и др. На данный момент разработаны различные типы функций, используемых в качестве материнских вейвлетов, однако, ввиду отсутствия единой методики нерешенным остается вопрос выбора оптимальных функций для анализа в каждом частном случае.

В работе предлагается подход, в котором в качестве материнских вейвлетов используются функции, учитывающие динамические особенности средств формирования тестовых воздействий. Такие вейвлеты могут быть получены после математической обработки реакции на импульсно-механическое воздействие используемого вибровозбудителя с закрепленным изделием. Синтез материнского вейвлета осуществляется посредством усреднения и аппроксимации совокупности измеренных вибрационных откликов.

При выполнении предъявляемых условий к полученному вейвлету возможно его использование для вейвлет-анализа нестационарных вибраций формируемых на применяемом вибростенде с испытуемым образцом.

УДК 621.38

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ТРАНЗИСТОРНЫМ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

М.А. ШУМИЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Электропривод является технической системой, служащей для преобразования электрической энергии в механическую. Каждая рабочая машина нуждается в управлении: нужно включать и выключать двигатели, приводящие в движение рабочие органы машины, изменять скорость и усилие на рабочих органах в соответствии с условиями ведения технологического процесса, осуществлять необходимые защиты и блокировки, обеспечивающие безаварийную работу машин.

В рассмотренной системе управления электропривода с транзисторным широтно-импульсным преобразователем особое значение имеет блок ЭШИР-1. Привод ЭШИР-1 однокоординатный, рассчитан на меньшие мощности, имеет более широкий диапазон регулирования скорости (до 30000), обеспечивает большую полосу пропускания частот (не менее 120 Гц для высокомоментных двигателей ДП, ДПУ, ДК и не менее 80 Гц для прочих двигателей). Привод ЭШИР-1 содержит: регулятор тока, который выполнен пропорциональным, регулятор скорости - пропорционально-интегральным с переключающейся коррекцией; датчик

статического тока, который введен для ускорения переходных процессов реверса на инфранизких скоростях вращения при нагружении двигателя моментом сухого трения; импульсные усилители, которые снабжены автономными выпрямителями питания, электронной защитой, контролирующей выход ключей из насыщенного состояния при перегрузках, и защитой от обрыва одной фазы питающей сети; регулятор скорости, который выполнен по схеме с двойным преобразованием сигнала и снабжён внутренним блоком управления коррекцией.

Отличительной особенностью схемы электропривода ЭШИР-1 является наличие узлов задержки, которые обеспечивают более пологие фронты парафазных импульсов, управляющих вертикалью силовых ключей. Широко-модулированный сигнал, поступив на узлы задержки, осуществляют раздвижку на постоянный интервал Δt импульсов каналов. Раздвижка импульсов, управляющих вертикалью ключей, применена для уменьшения величины сквозного тока. Более пологие фронты при несимметричном алгоритме коммутации снижают до минимума сквозной ток вертикали.

УДК 621.38

КОМБИНИРОВАННАЯ ЗАЩИТА В ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКАХ ПИТАНИЯ

М.И. ПОРТНАГО, КГЭУ, КАЗАНЬ

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

Все существующие на данный момент схемы для защиты импульсных блоков питания можно объединять под общим названием «комбинированной защиты», так как срабатывание любой из этих защитных схем приведёт к отключению всех питающих напряжений от схемы компьютера или любого другого устройства посредством воздействия на управляющую микросхему импульсного блока питания.

Максимально допустимая величина тока нагрузки в слаботочных каналах не превышает 1А. А для сильноточных каналов суммарный ток нагрузки 15–20А не является аварийным. Из этого следует, что КЗ в слаботочных каналах не приведёт к срабатыванию токовой защиты. Поэтому схема защиты от КЗ в слаботочных каналах реализуется отдельно, как более чувствительная.

Здесь мы кратко рассматриваем схему комбинированной защиты ИБП ESP-1003R.

В качестве датчика традиционно используется трансформатор тока СТ, первичная обмотка которого включена последовательно с первичной обмоткой силового импульсного трансформатора РТ. В общей схеме защиты имеется 3 схемы защиты от выходных перенапряжений в силовых каналах: отключающая схема контроля ширины управляющего импульса и полная схема контроля перенапряжения на выходных шинах силовых каналов +5В и +12В.

Диоды D2, D3 предназначены для исключения влияния выходных сигналов всех защитных схем друг на друга. Конденсатор С6 устраняет возможность срабатывания защитного отключения при кратковременных случайных прерываниях выходными напряжениями номинальных значений.

Данная схема выбрана в связи с наличием больших перенапряжений в выходном канале +5В, которым питаются логические интегральные схемы. А перенапряжение в силовых каналах выработки отрицательных напряжений не столь критично для работы компьютера.

УДК 621.38

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЛАТЫ ИМПУЛЬСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ТРАНЗИСТОРНЫМ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Е.В. БУБНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для построения быстродействующих и высокоточных систем электропривода постоянного тока широкое применение находят широтно-импульсные преобразователи. Подобные электроприводы отличаются весьма существенными достоинствами, такими как: высокий КПД; малыми габаритами и массой; высокой стабильностью характеристик и их слабой зависимостью от параметров силовых транзисторов, работающих в ключевом режиме; высоким быстродействием, возможностью оптимизации параметров.

В последние годы электроприводы с транзисторными широтно-импульсными преобразователями, питающиеся от сети постоянного тока, широко внедряются в различные отрасли народного хозяйства, т.к. при

питании от сети постоянного тока легко осуществлять рекуперацию энергии. Такой способ регулирования весьма экономичный и практически самый целесообразный в настоящее время.

В данном проекте рассмотрены вопросы, касающиеся работы, создания и модернизации платы управления и платы импульсных усилителей электропривода типа ЭШИР-1-А с транзисторным широтно-импульсным преобразователем, предназначенным для механизмов подачи прецизионных станков манипуляторов, роботов, других автоматизированных механизмов.

Регулирование скорости в этом случае осуществляется импульсным изменением напряжения, магнитного потока или сопротивления резистора в якорной цепи. Импульсное регулирование осуществляется с помощью управляемых полупроводниковых ключей любого типа. На практике применяются два основных способа управления ключом широтно-импульсная и частотно-импульсная модуляции. При широтно-импульсной модуляции период коммутации ключа остается постоянным, а изменяется время его замкнутого состояния, то есть изменяется ширина импульсов при неизменном периоде их следования.

УДК 621.36

МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ МАТЛАВ ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ДЛЯ УСТАНОВКИ ИНДУКЦИОННОГО РАЗОГРЕВА КРАЙНИХ НИЩЕЛЕЙ КРОНШТЕЙНОВ АНОДОДЕРЖАТЕЛЕЙ

М.В. ХРЕНОВ, УГАТУ, г. Уфа

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

Одним из основных элементов установки электролиза алюминия является кронштейн анододержателя, имеющий вилкообразную форму и вес около 185 кг.

Установка конструктивно состоит из тиристорного преобразователя частоты, силового нагревательного блока и дистанционного пульта управления, соединенных между собой силовыми и сигнальными кабелями.

В тиристорном преобразователе частоты для данной индукционной установки в качестве базовой схемы инвертора используется мостовая схема последовательного инвертора без встречно-параллельных диодов с выходным напряжением 400–800 В.

Для исследования электромагнитных процессов на этапе проектирования предлагается использовать S-модели тиристорного преобразователя частоты, которые были созданы в математическом пакете MatLab.

УДК 621.36

SIMULINK – МОДЕЛЬ ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАПАЙКИ АЛМАЗНЫХ СЕГМЕНТОВ К ОТРЕЗНЫМ КРУГАМ

Д.А. ТОКАРЕВА, УГАТУ, г. Уфа

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

Для обеспечения индукционного нагрева под пайку необходимо воздействие переменного электромагнитного поля высокой частоты на паяемые детали.

В качестве устройств, обеспечивающих нагрев, применяют полупроводниковые преобразователи частоты, в которых упрощенно выделяют источник питания, выпрямитель и инвертор.

В качестве инструмента исследования работы однофазного инвертора выбран математический пакет MatLab, приложение Simulink.

Модель набрана из блоков раздела Power System Blockset библиотеки Simulink и по начертанию похожи на электрические схемы. Блоки модели, входящие в структурную схему отображают математические соотношения, характерные для трехфазного сетевого напряжения (используют блок DC voltage source идеальный источник постоянного напряжения, который также выполняет роль выпрямителя), фильтра Ld Rd (предназначенный для сглаживания пульсации напряжения), инвертора (VS1, VD1, Lk, Ck), нагрузочного контура (Ln Rn Cn).

Благодаря резонансным свойствам нагрузки электромагнитные колебания в нагрузке происходят непрерывно.

При помощи блоков RMS представлены действующие значения напряжения $U(V)$, выходной мощности $P(kBt)$, тока $i(A)$.

УДК 620.179

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА В ВИДЕ ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

А.Ф. ШАРАФИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В современной энергетике силовой трансформатор является одним из основных звеньев в системе электроснабжения. В процессе его эксплуатации нередко возникают короткие замыкания во внешней цепи, приводящие к электродинамическим усилиям, которые вызывают деформации его обмоток.

Для выявления дефектов обмотки используется метод частотных характеристик, в котором измеренную частотную характеристику фазы сравнивают с некоторой базовой, эталонной. Для расчета эталонной характеристики можно использовать методы математического моделирования путем представления схемы замещения силового трансформатора с точки зрения прохождения высокочастотных электрических сигналов.

В основе метода заложено обстоятельство, что деформации витков приводят к изменению локальной емкости и локальной индуктивности в схеме замещения, что приводит к изменениям амплитудно-частотной характеристики фазы силового трансформатора. При прохождении высокочастотных сигналов через силовой трансформатор, его схему замещения необходимо представлять как цепь с распределенными параметрами. Тогда для развития теоретической базы метода частотных характеристик необходимо рассмотреть вопросы, связанные с моделированием такой схемы замещения. В качестве инструмента для проведения этих исследований выбрана среда моделирования электрических схем Multisim, в которой разработаны различные варианты схемы замещения силового трансформатора. Исследованы зависимости изменений параметров схемы замещения и амплитудно-частотных характеристик.

УДК 620.179

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ АЧХ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

А.Р. РАХМАТУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. АСКАРОВ

Силовой трансформатор является ключевым элементом современной энергетической системы. Нередко возникающие короткие замыкания во внешней цепи силового трансформатора приводят к возникновению электродинамических усилий, деформирующих его обмотки.

Для выявления этих деформаций в работе используется метод частотных характеристик, основанный на сравнении амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) нового трансформатора и АЧХ, полученных после некоторого периода эксплуатации.

Для снятия АЧХ силового трансформатора был разработан аппаратно-программный комплекс, состоящий из мобильного персонального компьютера с установленным необходимым для измерения программным обеспечением и платы аналого-цифрового преобразования, который генерирует сигналы с частотой до 500 кГц и амплитудой ± 10 В.

Апробация комплекса осуществлялась на трехфазном лабораторном трансформаторе, система измерения показала высокую точность, надежность и удобство при эксплуатации. Разработанное устройство для измерения АЧХ использовалось для исследований силового трансформатора ТРДЦН 80000 110/10 (БРКТ ОАО «КамАЗ», г. Набережные Челны).

Во время исследования АЧХ силового трансформатора в полевых условиях, находящегося на ОРУ, был выявлен высокий уровень наводок от расположенных вблизи высоковольтных ЛЭП. Наводки оказывали сильное воздействие на результаты, снижая точность измерения АЧХ. Для их уменьшения необходимо ввести в измерительный тракт фильтр верхних частот, обеспечивая пропускание сигнала в определенном частотном диапазоне. В среде Multisim смоделированы фильтры верхних частот различной топологии, выбраны параметры фильтра и определены АЧХ.

УДК 628.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

О.О. АХМЕДОВА, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. С.Ф. СТЕПАНОВ

Многие проблемы загрязнения воды вызваны неправильным сбросом химических веществ и/или химических соединений в грунтовые водные резервуары, ручьи, озера и реки. В высшей степени желательно, чтобы очистка этих загрязненных вод выполнялась без добавления еще большего количества химикатов, которые могут представлять собой другую разновидность загрязнений или экологическую угрозу.

Так как любые системы обработки сточных вод, в которых добавляются такие химические препараты, как хлор, полиэлектролиты или другие, выпадающие хлопьями для уничтожения организмов или удаления металлов и химических препаратов, обязательно требуют производства таких материалов до их использования, то с точки зрения экологии существует потребность в создании системы очистки воды, которая сводит к минимуму потребность в любом дополнительном производстве материалов, предназначенных для использования в процессе обработки.

Локальная установка предназначена для очистки сточных вод с применением электрофизических методов воздействия. Она может быть использована как для замкнутых циклов водоснабжения, так и для доочистки различных сточных вод в загородных домах или медицинских учреждениях. Для обеззараживания сточных вод применяется множество различных методов как химических, так и электрофизических. Установка будет осуществлять обеззараживание не одним методом, а комбинацией четырех: озонирование, ультрафиолетовое и ультразвуковое воздействие, СВЧ обработка.

UDK 620.179

TRANSFORMATOR WINDING DEFORMATION RECOGNITION BASED ON FREQUENCY RESPONSE ANALYSIS USING NEURAL NETWORK

M.K. BAGHBAN, R.R. ASKAROV, KSPEU, Kazan

Frequency Response Analysis, generally known within the industry as FRA, is a powerful diagnostic test technique. FRA consists of measuring the impedance of transformer windings over a wide range of frequencies and comparing the results of these measurements to a reference set. Differences may indicate damage to the transformer, which can be investigated further using other techniques or by an internal examination. FRA is the only method known to the author which is capable of reliably detecting faults involving mechanical damage to the windings. It is also the most reliable method known to the author for detecting faults involving the short-circuiting of existing turns or the creation of new turns (short-circuited turns or additional turns on the limbs or yokes).

In this work we are going to present a method for recognizing and predicting some faults which may occur to the transformer by the means of artificial neural network. A neural network is ideal for fault identification because it has the ability to recognize the hidden and complex relationships between the fault status and symptoms and predict fault based on future monitoring signals from previous knowledge. The field data is significant to the research because it provides actual and practical data that will reflect the most accurate conditions and situations with a real power system. In addition, controlled experiments will generate faulty terminal voltage and current data that are associated with each fault scenario. With these data clearly labeled together with different faults, patterns in these faulty data can be identified. Therefore, if future monitoring signal data show similar patterns, it means there is a similar fault. Moreover, supervised classification using neural network will be able to be performed because only the clearly labeled faulty data will help to train the neural network.

An improved Back-Propagation Neural Network Classifier is implemented for classification of the recorded field and simulation data. The given data set is divided into two subsets: training set and test set. The training data set is used to train the neural network to estimate the structure and assess the performance of various candidate model structures and thereby select a good model structure that will provide a minimum output error of that network for the testing subset. The testing data set is used to evaluate the performance of the network and measure the generalization performance of the welltrained network.

This network will be trained for recognizing 7 kind of faults which may occur to the transformer including: 1) additional turns on yokes, 2) additional turns on limbs, 3) short circuited turns, 4) mechanical damages to the windings, 5) mechanical damages to the core, 6) loose turns, 7) normal aging (if very severe).

Here we use extracted features from frequency characteristics of the transformer as input data for training the neural network: 1) phase mean deviation of the frequency characteristic, 2) phase mean square deviation of the frequency characteristic, 3) phase mean deviation of frequency characteristic versus each other, 4) phase mean square deviation of the frequency characteristics versus each other, 5) phase deviation of the frequency characteristic versus another phase, 6) phase mean square deviation of the frequency characteristic versus another phase.

So the input layer contains 6 neurons each of them corresponds to one of the above frequency characteristic features. Experimentally we found out that 2 hidden layers with 5 neurons in each one, are enough for our purpose. The output layer has 7 neurons each of them represent one of the possible faults which was mentioned above. Levenberg-Marquardt algorithm is used to train the network. Activation functions for input and output layers were selected to be «tansig».

СЕКЦИЯ 6. СВЕТОТЕХНИКА, МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 621.3.032.

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП С ЗАЩИТНЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

С.И. БОРИСОВ, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. ФЕДОРЕНКО

В современных условиях, когда дефицит электроэнергии сочетается с ее неэффективным использованием, особую остроту приобретает проблема энергосбережения. Одним из путей решения данной проблемы, является использование компактных люминесцентных ламп со встроенными электронными высокочастотными ПРА (КЛЭ), которые позволяют экономить 75–80 % электроэнергии по сравнению с лампами накаливания общего назначения (ЛОН).

Существенным недостатком КЛЭ является наличие в них ртути (элемент 1-й категории опасности), которая при их непреднамеренном разрушении может оказаться в жилых помещениях, а при преднамеренном разрушении – в окружающей среде населенных пунктов (через мусоропроводы). Одним из вариантов решения данной проблемы является применение КЛЭ с защитными неразрушающимися ртутьнепроницаемыми полимерными покрытиями. Технология получения защитных покрытий, оценка их влияния на световые и приэлектродные характеристики лампы требуют проведения научных исследований в указанном направлении.

Многие изготовители КЛЭ исключают применение с ними диммеров (устройств регулирования светового потока ламп), хотя разработка и применение специальных диммеров для КЛЭ является дополнительным резервом повышения их энергоэкономичности (на 20–25 %). Поэтому были произведены исследования электрических и приэлектродных характеристик КЛЭ, которые показали, что лампы сохраняют свою работоспособность при питании током повышенной частоты и снижении напряжения питания до 60–80 В. Температура катодного пятна косвенно указывающая на срок службы, при питании током повышенной частоты ниже, чем при питании током промышленной частоты.

Данные исследования позволят в будущем учесть факторы, влияющие на режим работы электродов КЛЭ, повысить эффективность их работы и снизить энергопотребление лампы.

УДК 621.3.032.35:537.635

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТАВА ЛАМПОВЫХ ЛЮМИНОФОРОВ

Д.А. САЛКИН, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.М. ЗЮЗИН

Развитие методов контроля качества люминофоров является весьма актуальной задачей, поскольку оптимальное сочетание параметров люминофоров определяет светотехнические характеристики люминесцентных ламп. Для достижения высокой чистоты, обеспечения требуемого стехиометрического состава люминофоров недостаточно контролировать только квантовый (энергетический) выход и яркость свечения. На различных этапах обработки люминофоров для определения их эффективности требуется диагностика, которая должна включать

определение наличия ионов активаторов и их концентрации, положение ионов активатора в кристаллической решетке, наличия в них собственных структурных дефектов и примесей. Для этих целей в настоящей работе предлагается метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), основанный на поглощении энергии СВЧ-поля спиновой системой неспаренных электронов вещества. В данной работе были исследованы методом ЭПР-спектроскопии люминофоры с редкоземельными элементами и галофосфатные люминофоры, применяемые в люминесцентных лампах.

На люминофоре $\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{12}(\text{F}, \text{Cl}):\text{Sb}, \text{Mn}$ наблюдается одиночная линия поглощения ЭПР с $g = 2,02$, принадлежащая ионам Mn^{2+} . ЭПР-мультиплет ионов Eu^{2+} в $(\text{Sr}, \text{Ba})_4(\text{PO}_4)_2\text{Cl}_2$ обусловлен расщеплением энергетических уровней в кристаллическом поле, а ЭПР-триплет Eu^{2+} в $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}$ – разными кристаллографически неэквивалентными позициями ионов в кристаллической решетке. В Y_2O_3 ионы европия должны находиться в трехвалентном состоянии. Однако, в образцах люминофора $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ также обнаруживается европий в двухвалентном состоянии. Методом ЭПР можно контролировать наличие ионов активаторов в люминофорах, их концентрацию и положение в кристаллической решетке. Данный метод может быть полезен при контроле процессов производства люминофоров, входном контроле на предприятиях-изготовителях, а также при сертификации конечной продукции.

УДК 628.9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮКСМЕТРОВ-ПУЛЬСМЕТРОВ

А.Н. КОНСТАНТИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

Среди показателей качества световой среды особое место занимает пульсация освещенности. Дуговые лампы создают пульсирующий свет, поскольку перезажигание ламп происходит с удвоенной частотой электросети (100 Гц). Хотя эта частота выше физиологической границы восприятия человеческого глаза, она отрицательно влияет на человека, вызывая вполне видимые и фиксируемые последствия.

Большинство исследователей отмечает отрицательное влияние пульсаций освещённости на работоспособность человека как при длительном пребывании в условиях пульсирующего освещения, так и при кратковременном. Установлено, что влияние на организм мало только при значениях коэффициента пульсации не более 5–6 %. Таким образом, пульсации светового потока представляют значительную угрозу для здоровья человека. Это определяет требования к ограничению глубины пульсации освещенности при изменении во времени светового потока. Особенно остро вопрос об ограничении данного показателя ламп стоит в настоящее время в связи с массовым использованием персональных компьютеров, требующих большего напряжения для органов зрения. Для измерения пульсаций светового потока используются специальные приборы – пульсметры.

В работе проведен анализ технических характеристик двух типов отечественных люксметров-пульсметров ТКА-ПКМ-08 и Аргус-07. Установлено отсутствие принципиального различия между их параметрами. Второй пульсметр отличен от первого лишь несколько большим значением верхней граничной длины волны спектрального диапазона (780 нм), несколько меньшей погрешностью измерения (8–10 %) и в 1,5 раза меньшей массой (0,35 кг). Пределы измерения пульсаций составляют от 1 до 100 %, а нижний предел измерения освещенности – 10 лк. Вместе с тем, для контроля качества ламп одного типа необходим пульсметр, позволяющий осуществлять измерения пульсаций с относительной погрешностью не менее $\pm 2-3$ %. Кроме того, при контроле качества светодиодов необходимы люксметры, обеспечивающие более высокую точность при измерении освещенности до 10 лк.

УДК 628.9:621.3.085.342

СВЕТОДИОДНЫЙ АНАЛОГ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ

С.В. ВОЛКОВ, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. АШРЯТОВ

В последние годы мы стали свидетелями стремительного развития и революционного совершенствования светодиодов (СД). Сегодня это уже высокоэффективные источники света, которые в ближайшие 10–15 лет преобразят мир искусственного освещения. Производство и использование традиционных ламп в нашей стране будет рано или поздно запрещено.

Поэтому на всех промышленных объектах, в жилых домах и офисах компаний для освещения должны будут использоваться исключительно источники нового поколения, сделанные на основе энергосберегающей технологии.

Установка светодиодных аналогов вместо люминесцентных ламп (ЛЛ) приведет к улучшению качества освещения, экономии мощности, экономии средств, выделяемых на эксплуатацию систем освещения и поддержание ее в исправном состоянии. СД за счет низкого расхода финансовых средств в течение периода эксплуатации, длительного жизненного цикла, высокой яркости, отсутствия инфракрасного и УФ излучений являются лидерами в рейтинге прочих источников освещения.

Конечно же, нельзя однозначно говорить о преимуществе светодиодных источников света. Здесь в первую очередь следует учитывать тот факт, что для большинства случаев, где применяются в настоящее время ЛЛ, по техническим показаниям и условиям эксплуатации выгоднее и безопаснее использовать именно светодиодное освещение. СД, как твердотельные источники света, не содержат стекла, ртути, нитей накаливания или сменных деталей, их невозможно разбить. Световая отдача ЛЛ на уровне со светодиодными аналогами, но если учесть КПД светильников, коэффициент использования, запыленность и загрязненность светильников, то преимущество сводится к нулю. Поэтому важную роль играет замена ЛЛ на светодиодные источники света.

УДК 628.9

К ОБОСНОВАНИЮ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЕТОДИОДОВ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИХ КАЧЕСТВА

В.Р. САЙФУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

В данной работе поставлена задача оценки возможности использования коэффициента вариации длины волны максимума излучения светодиодов и ширины их спектра по уровню 0,5. Для спектральных измерений использована измерительная установка на базе малогабаритного оптического монохроматора (МОМ).

Предварительно проведенная метрологическая оценка установки показала, что воспроизводимость длины волны излучения и ширины его спектра составляет соответственно 0,18 % и 2,9 %.

Измерение спектральных кривых излучения проводилось в необходимой полосе светодиодов белого свечения двух фирм «Дельфин» и «Edison», а также красного, синего и желтого (по 5 шт в выборке). Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица

Коэффициенты вариации спектральных показателей
разных типов светодиодов

Тип светодиода	$\lambda_{\max} \pm /c_v, \%$	$\Delta\lambda_{0,5} \pm /c_v, \%$
1. Белый («Дельфин»)	$458 \pm /0,4$	$23 \pm /5,0$
2. Белый («Edison»)	$453 \pm /0,27$	$24,7 \pm /6,0$
3. Синий	$457 \pm /0,13$	$26,7 \pm /7,8$
4. Красный	$629 \pm /0,13$	$17 \pm /7,2$
5. Желтый	$592 \pm /0,2$	$16,4 \pm /2,0$

Результаты измерения показывают, что $C_v \lambda_{\max}$ светодиодов «Дельфин» почти в 2 раза больше, чем таковой фирмы «Edison», как было установлено ранее светодиоды «Дельфин» уступают и по ряду других показателей «Edison». Значения $C_v \lambda_{\max}$ светодиодов синего, красного и желтого цвета свечения находятся в пределах ошибки измерения.

Коэффициент вариации ширины полосы излучения у всех типов СД порядка в 2 раза больше ошибки измерения. Однако различие между значениями $\Delta\lambda_{0,5}$ у разных СД практически отсутствует.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о возможности использования лишь коэффициента вариации и максимальной длины волны для определения качества светодиодов, как одного из информативных критериев.

УДК 628.9

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ СВЕТОДИОДНЫХ МОДУЛЕЙ ПРИ ПИТАНИИ ИХ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ ЧЕРЕЗ ЕМКОСТНОЙ ОГРАНИЧИТЕЛЬ

И.Е. СИНЮГИН, Э.Ф. СУЛТАНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

В настоящее время питание светодиодных устройств принято осуществлять от источников питания, именуемые драйверами. В них напряжение 220 В понижается до 12 и 24 В, выпрямители его сглаживают и подается на светильник.

Применение данного устройства удорожает светодиодный источник света, увеличивает габариты и понижает коэффициент полезного действия. Поэтому представлен определенный интерес осуществления источника света, питаемого непосредственно от электрической сети через конденсатор.

В работе изготовлен лабораторный макет светильника на основе маломощных светодиодов (СД), работающего на переменном токе. В качестве ограничителя тока использован конденсатор, а светильника – два светодиодных модуля (по 3 СД в модуле).

Рассмотрены особенности работы такого светильника, заключающиеся в пульсации светового потока с частотой 100 Гц и работающего в обычном режиме или режиме электрического пробоя. В светодиодах каждого модуля имеет место перемежающийся электрический пробой при сохранении удовлетворительной работоспособности светильника.

Испытание данной конструкции показало, что для устойчивой работы светодиодного светильника необходимо изыскать дополнительные технические решения, на основе более детального изучения протекающих в светодиодном устройстве процессов.

УДК 628.932

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИСТАЛЛА СВЕТОДИОДА

А.Б. МЫШОНКОВ, МГУ им. Н.П.Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. АШРЯТОВ

Измерение температуры кристалла маломощных светодиодов является сложной задачей вследствие малых размеров и невысокой температуры кристалла. Здесь сложно применить методы контактного измерения температуры. В связи с этим целесообразно применять косвенные методы измерения.

Температура перехода может быть измерена методом прямых напряжений. Суть метода заключается в том, что первоначально со светодиода, помещенного в печь с заданной температурой, снимаются импульсные вольт-амперные характеристики. При этом, за время короткого импульса не происходит разогрев кристалла протекающим током. Соответственно температура кристалла определяется температурой печи. На основе этого проводятся измерения значений напряжения и тока при различных температурах печи. Полученные данные используются для определения температуры кристалла во время работы светодиода.

По другому методу, температура *p-n*-перехода определяется по изменению спектра свечения светодиода, а именно по смещению максимума излучения при изменении температуры.

Еще один метод основан на применении микрорамановской спектроскопии. На его основе могут быть определены тепловые сопротивления различных слоев структуры.

Для кристаллов, у которых в качестве подложки используется сапфир, температура может быть определена с помощью оптического измерения длин волн линий, излучаемых хромом (Cr^{3+}), который находится в подложке в виде примеси. Для измерений используют две линии в красной области спектра, которые смещаются в длинноволновую область, при повышении температуры. Метод точный, но применим только для структур, выращенных на сапфире.

Из приведенных методик определения температуры кристалла светодиода, наиболее простым и достаточно точным является метод прямых напряжений, который позволяет проводить серии экспериментов на простом оборудовании и с достаточной точностью.

УДК 628.9

ДЕШИФРОВКА И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ МАЛОМОЩНОГО СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

А.И. ЗАРИПОВ, Д.Р. АБДУЛЬМЕНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук. проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

В целях создания новых более эффективных светильников необходимы сведения о конструкциях производимых в мире изделий. Однако почти все фирмы-производители светотехнических изделий элементарные сведения укрывают, мотивируя их «ноу-хау» характером.

Вместе с тем, многие характеристики светотехнических устройств могут быть дешифрованы, что создаст базу как для проектирования новых их типов, так и подготовки соответствующих специалистов в вузах.

Нами изучена конструкция одной промышленной светодиодной лампы с 18 маломощными светодиодами, питаемого от сети 220 В, и обеспечивающего световой поток в 50 лм.

Анализ показывает, что печатная плата имеет круглую форму, внешняя сторона которой изготовлена с зеркальной поверхностью для повышения коэффициента передачи светового потока. На ней расположен выпрямительный мост (НД06) и ограничительный резистор. Корпус лампы изготовлен из поликарбоната, с зеркальной и граненой внутренней поверхностью. Ее крепление осуществлено с помощью полимера. Дешифровка электрической схемы показывает, что на плате имеется шесть модулей, состоящих из 3 последовательно соединенных светодиодов, которые объединены в кластер.

Если для питания непосредственно требуется 10 В, то на ограничительном резисторе должна выделиться достаточно большая мощность. Поэтому вероятно элемент НД06 представляет собою более сложную микросхему. Если бы в схеме был только выпрямительный мост, то плата не могла быть расположена в зеркальной области СД лампы.

Вероятно, для избежания полного выхода из строя СД лампы при возникновении дефекта в одном из светодиодов, они соединены по последовательно-параллельной схеме. Кроме того, схема расположения модулей на печатной платы выбрана таким образом, чтобы при выходе одного из модулей нарушение равномерности освещенности нарушалось не существенно.

УДК 621.041.012

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ГАБАРИТНОЙ ЯРКОСТИ ТЕЛ НАКАЛА ГАЛОГЕННЫХ ЛАМП

Н.Ю. ПАШИНА, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук.: канд. техн. наук, доц. С.Д. БОГАТЫРЕВ;
канд. техн. наук, доц. Е.Г. АЛЕКСЕЕВ

Исполнение галогенных ламп накаливания (ГЛН) отличается большим разнообразием. Кроме традиционной спиральной и биспиральной формы тела накаливания (ТН) могут применяться и новые. Получение высокой яркости лампы и приближение излучения к абсолютно черному телу может достигаться выполнением ТН в виде конической спирали с углом при вершине 50° . Колба при этом покрывается тонкими слоями окиси висмута, золота и олова, которые выполняют роль фильтра, пропускающего видимое излучение. С целью устранения почернения колбы внутрь лампы вводится аргон и определенное количество йода.

Навивая вольфрамовую нить на поверхность вращения, получают компактное ТН с повышенной яркостью, т.к. ось вращения совпадает с осью светового потока, излучаемого внутренней поверхностью ТН. ТН плоской формы можно изготовить путем зажатия спирали в тисках и прессования в среде защитного газа при температуре 800 К. Для измерительных целей более стабильные характеристики имеют лампы с ленточным ТН. Если такое ТН формируется при помощи намотки вольфрамовой полоски на круглый или квадратный керн, то оно может работать при температуре до 3400 К, тогда как ТН, изготавливаемые просто из вольфрамовой полоски, выдерживают температуру меньшую 2800 К.

Для повышения температуры может применяться ТН из карбида тантала (температура плавления 4200К), из мультикарбидов – смеси карбидов тантала, циркония, гафния, титана, тория, ванадия, ниобия, молибдена и вольфрама. Для наполнения лампы используется аргон, а в качестве галогенной добавки – тетрахлорид углерода. Такое наполнение препятствует разложению ТН на углерод и металлы, которые легко испаряются.

Карбиды являются более ломкими, чем вольфрам, поэтому соединение ТН с электродами осуществляется сваркой способом нагрева конца спирали в атмосфере углерода. В процессе нагревания образуются карбиды, и происходит диффузная сварка контактирующих поверхностей.

УДК 628.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЕТОТЕХНИКИ В КАЗАНСКОМ ЗООБОТСАДУ

А.В. МАЛЕВ, Казанский зооботсад,
Р.Я. ГИЛЬМУТДИНОВ, КГАВМ, г. Казань

В Казанском зооботсаду специальные виды освещения применяется в отделах «Экзотариум» и «Орнитология». В отделе «Экзотариум» применяются ультрафиолетовые ReptiGlo (фирмы Hagen), разного типа инфракрасные и люминесцентные лампы. В террариуме количество ламп ReptiGlo достигает 20 шт (для земноводных – 2 шт марки «-2», для тропических рептилий – 15 шт марки «-5» и для рептилий пустыни – 3 шт марок «-8» и «-10»). В лампах ReptiGlo используется спектр ультрафиолетового излучения длинной волны 320-400 нм (UVA) и 290-320 нм (UVB). Доля UVA обычно составляет 30 %, а UVB – колеблется от 2 % до 8 %. Лампы с долей UVB – 2 % применяются при содержании большинства амфибий или ночных рептилий. Основная их функция применяемых ламп – осветительная, доля ультрафиолета в их спектре очень мала. Другая категория ламп с долей UVB – 4–5 % хороша для некоторых амфибий и рептилий, обитающих в лесной зоне. Для дневных рептилий аридных зон, таких, как многие агамы, круглоголовки, сухопутные черепахи подойдет последняя категория ламп с долей UVB – 7–8 %.

При адекватной освещенности рептилии начинают активно питаться и размножаться. Максимально приближены к спектру Солнца некоторые люминесцентные лампы. Для придерживающихся ночного образа жизни гекконов роль ультрафиолетового облучения не столь важна. В акватеррариумах для питонов и крокодилов используются, соответственно, 2 и 3 инфракрасные лампы по 200 Вт. Кроме того, крокодилов дополнительно освещают 2 ультрафиолетовыми лампами ReptiGlo марки «-5», 4 люминесцентными и 5 галогеновыми лампами. В акватеррариумах для трионикса и каймановой черепахи используются 2 люминесцентные лампы и 2 лампы ReptiGlo марки «-5». В помещениях, где разводят кормовых животных и доращивают молодняк террариумных животных, светильники ReptiGlo располагаются на 2 стеллажах (марки «-8», «-10») и 3 террариумах (марка «-5»). В отделе «Орнитология» используются только инфракрасные лампы мощностью 300 Вт: в 15 вольерах для фазановых (15 шт.), зимовнике для лебедей (2 шт) и инкубаторе (1 шт).

УДК 628.9

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЗООПАРКОВ

И.В. ОВЧИННИКОВА, Удмуртский зоопарк,
Р.Я. ГИЛЬМУТДИНОВ, КГАВМ, А.Р. МУДАРИСОВ, Казанский
зооботсад

Согласно «Правилам пожарной безопасности для учреждений культуры Российской Федерации» ВППБ 13-01-94 (Нижний Новгород, 1995), размещение осветительных приборов в вольерах и клетках зоопарков, а также при расположении вне закрытых помещений или раскачивании при сильном ветре, должно исключать возможность соприкосновения с деревянными конструкциями.

Электропроводка и светильники, расположенные в помещениях для животных, должны иметь ограждения из проволочного каркаса, а электролампочки заключаться в стеклянные колпаки. В помещениях для обезьян, хищников и крупных животных электропроводка должна быть скрытой.

Используемая в зоопарках осветительная и бактерицидная аппаратура охватывает очень широкий спектр видимого излучения, в том числе инфракрасный и ультрафиолетовый. Последний включает волны длиной 180–400 нм: UVA – 320–400 нм; UVB – 290–320 нм; UVC – 180–290 нм. Инфракрасные лампы используются для обогрева животных.

Многие рептилии могут видеть в диапазоне UVA, цветовое восприятие играет важную роль в их поведении и его сбой из-за спектральной неполноценности освещения может оказать негативное влияние на коммуникативные функции и половое поведение этих животных. UVB диапазон играет решающую роль в синтезе витамина D3 и облучение этим спектром, в отличие от UVA, может быть как постоянным, так и сеансовым. UVC – это жесткое, вредное для всех организмов, излучение, применяемое для стерилизации помещений.

В России наиболее часто встречаются лампы фирм Hagen, Sera и Namiba Terra. Самая раскрученная марка – ReptiGlo фирмы Hagen. Для ежедневного сеансового облучения используются также саранские лампы – «эритемки», выпускаемые ВНИИ источников света им. А.Н. Лодыгина, а также медицинские и бытовые кварцевые облучатели различных марок, обычно комплектуемые дуговой ртутной лампой ДРТ-240.

УДК 628.9

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА КАЧЕСТВО ОСВЕЩЕНИЯ

В.Ю. ПРИКЛОНСКИЙ, КГЭУ, г. Казань

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

Потребность в электроэнергии высокого качества является одной из важнейших в современном мире высоких компьютерных технологий, сложного бытового оборудования и высокоэффективных систем глобальных телекоммуникаций. Острота проблемы обеспечения качества электроэнергии для разных предприятий различна. Это связано со структурой выработки и потребления, составом электроприемников, географическим расположением и другими немаловажными факторами.

Определение показателей качества электроэнергии является технически сложной задачей, реализуемой, как правило, с помощью специализированных дорогостоящих измерительных приборов и систем.

В последнее время все большее внимание уделяется энергоэффективности и ресурсосбережению. Одной из последних программ в данном направлении стала программа замены обычных ламп накаливания на энергосберегающие лампы. Министерством экономического развития было заявлено о том, что переход к энергоэффективным лампам и приборам в России будет поэтапным, а именно: лампы накаливания мощностью свыше 100 ватт запретят с 1 января 2011 года.

Было подчеркнуто, что такой тип ламп используют в основном учреждения и предприятия. В связи с такой масштабной заменой осветительных приборов встает вопрос о влиянии отклонения показателей качества электроэнергии на режим работы осветительных приборов.

В связи с этим имеет смысл провести исследование влияния изменения показателей качества электроэнергии на изменение световой отдачи энергосберегающих ламп и влияние данных изменений на срок службы ламп и на зрение. Так же при помощи специальных приборов необходимо проведение исследования влияния энергосберегающих ламп на изменение показателей качества электроэнергии.

УДК 628.9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОЕМКОСТЕЙ РАЗНЫХ ТИПОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Я.Ш. АЛХАМСС, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

В настоящее время продается большое количество гальванических элементов разных типов и марок, производимых в странах Юго-Восточной Азии, которое используется в измерительных и световых приборах без достаточного представления о величине их электроемкости. В таких условиях задача выбора требуемого гальванического элемента и обеспечение необходимого времени наработки достаточно затруднена.

Качество изделия в немалой степени качество изделия зависит от фирмы производителя, используемого электролита, а также гарантийного срока. Поэтому пользователю аппаратурой желательно иметь способ оперативного контроля состояния гальванических элементов (ГЭ).

В связи с изложенным разработана методика оценки электроемкости гальванических элементов, заключающаяся в косвенном её определении по величине снижения напряжения при подключении резисторов с определенным значением их сопротивления. Первоначально измерили зависимость напряжения ГЭ от величины нагрузки одного типа ГЭ разных марок. Затем осуществили аналогичное измерение с применением других типов ГЭ. При этом установлено, что наиболее информативные сведения о состоянии величине ГЭ можно получить при выборе значения нагрузки, снижающий его напряжение на 10–15 %. Результаты измерения напряжения ГЭ типа R03AAA, R6AA, R14 и R20 показывают, что исходное его значение в режиме холостого хода на 10–13 % выше приведенного в качестве номинального. Номинальное значение напряжения указанных типов ГЭ достигается при силе тока, равном соответственно, 0,37; 0,46; 0,50 и 0,74 А.

Установлено, что коэффициент вариации напряжения у каждого типа ГЭ возрастает по мере повышения токовой нагрузки. Исходя из полученных нагрузочных характеристик представляется целесообразным для контроля качества ГЭ выбрать такой порог напряжения, при котором оно становится на 10 % меньше номинального то есть равным 1,35 В. При этом значении коэффициент вариации напряжения у изученных типов ГЭ достигает порядка 3 %.

Показано, что для контроля качества ГЭ следует к ним подсоединять резисторы с сопротивлением соответственно равным 2; 1,5; 1,5; и 1 Ом.

Разработанная методика позволяет осуществлять контроль начальной емкости и сравнительную оценки ГЭ на этапе их приобретения и в процессе эксплуатации.

УДК 543.054.2

10-АЛКИЛ(АРИЛ)ФЕНОКСАРСИНЫ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

О.В. ИЛЬИНА, А.А. КАРТАШОВА, КГЭУ, г. Казань

А.В. ТАНЕЕВА, КГАСУ, г. Казань

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

Метод газовой хроматографии достаточно широко применяется в энергетической отрасли промышленности для диагностики состояния маслonaполненного электрооборудования, определения индивидуального состава топлива и продуктов его горения, кислорода, азота и водорода в паре, контроль влажности дымовых газов, решения экологических проблем и др.

Для разработки методик анализ различных органических и неорганических смесей необходимы различные по селективности сорбенты, ассортимент которых ежегодно пополняется новыми материалами. Нами ранее были найдены и исследованы сорбенты, обладающие более высокой селективностью разделения электронно-донорных сорбатов, однако механизм их разделения до конца не выяснен.

С целью продолжения этих исследований нами методом газожидкостной хроматографии изучены сорбционные свойства 10-алкил(арил)феноксарсинов.

Экспериментальную часть работы проводили на хроматографе Кристаллюкс-4000М с детектором по теплопроводности и насадочными колонками длиной 2 метра. Для оценки сорбционных свойств 10-алкил(арил)феноксарсинов использовали как относительные, так и абсолютные характеристики удерживания, которые были определены на базе стандартных сорбатов, в качестве которых использовали доноры и акцепторы электронов. Были определены абсолютные удерживаемые объемы и логарифмические индексы удерживания, на основе которых рассчитаны значения мольной свободной энергии сорбции стандартных органических веществ при их растворении в 10-алкил(арил)феноксарсинах, отличающихся длиной цепи алкильных заместителей в боковой цепи молекулы.

Найдено, что для протонодонорных сорбатов зависимость мольной свободной энергии сорбции имеет нелинейный вид, то есть проявляется альтернирование хроматографических свойств.

УДК 625.855;577.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА АЛКИЛАРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

А.В. ТАНЕЕВА, КГАСУ, А.А. КАРТАШОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. НОВИКОВ

Автомобильный транспорт является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха токсичными веществами, образующимися в результате работы двигателей внутреннего сгорания и систем автомобильного транспорта. Токсичные вещества, имеющие высокую температуру кипения, а также продукты износа шин и других конструктивных узлов транспортных средств адсорбируются на проезжей части автомобильной дороги, а легкокипящие компоненты загрязняют воздушную среду, трансформируются и мигрируют на большие расстояния в результате трансграничного переноса, что существенно ухудшает общую экологическую обстановку мегаполисов. Поэтому получение информации о качественном и количественном составе загрязняющих воздушную среду веществ является достаточно важной задачей, решение которой возможно при наличии современного оборудования.

В последнее время для этой цели широко используются газохроматографические методы анализа, которые характеризуются экспрессностью и достаточно хорошей воспроизводимостью получаемых результатов. Однако современная газохроматографическая аппаратура не позволяет проводить непосредственный анализ воздушной среды, так как, как правило, концентрация приоритетных загрязнителей имеет невысокие значения и находится за пределами чувствительности большинства газохроматографических детекторов.

В связи с этим в представленной работе были проведены исследования по совершенствованию методики определения концентраций примесных соединений атмосферного воздуха газохроматографическими методами.

УДК 621.111

АНАЛИЗ ПРИЕМНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.В. КАМИНЦЕВА, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. преп. Е.Н. КАНИНИНА

При проектировании гониофотометра для исследования малогабаритных источников света необходимо выбрать приемник оптического излучения, который будет определять номенклатуру исследуемых источников оптического излучения.

При выборе фотометрической головки следует учитывать рекомендации МКО, в которой регламентируется размер площади приемной поверхности фотоприемника, равной 100 мм^2 .

В связи с тем, что к фотометрической головке предъявляются жесткие требования, для получения достоверных результатов измерений целесообразно использовать в гониофотометре готовый промышленный образец фотоприемника.

Отечественной промышленностью выпускаются фотоэлектрические головки типа APDF и APDS на основе кремниевых фотодиодов. Однако для исследования светодиодов они не подходят, так как площадь активной области фотоприемка не соответствует требованиям МКО.

Отечественной промышленностью выпускается люксметр «ТКА-Люкс». У данного люксметра фотоприемник прикрыт матовым светофильтром диаметром 17 мм, что соответствует площади 227 мм^2 . Данный фотоприемник целесообразно использовать по ряду причин: площадь фотоприемника больше 100 мм^2 (требуемую величину легко получить использованием апертурой диафрагмы); прибор и, соответственно, фотоприемник сертифицирован; фотоприемник имеет малые габаритные размеры; люксметр имеет встроенный аналого-цифровой преобразователь, что позволяет его легко согласовать с компьютером.

УДК 628.9

РОЛЬ КАЧЕСТВА ОСВЕЩЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

А.Р. КИЯМУТДИНОВА, А.В. УЛЬЯНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

Современное производство начинается с предъявления требований к обеспечению хорошего освещения и безопасности труда. Нередко требуется обеспечить не только нормативную освещенность рабочих мест, но и повысить как ее уровень, так и качество. Последнее способствует повышению производительности труда при одновременном снижении утомляемости и брака. Эта закономерность отслеживается даже при увеличении освещенности рабочих мест в 2–3 раза (до 750–1500 лк) относительно нормативного значения.

Для обеспечения качества освещения следует предусмотреть целый ряд мероприятий: подключение дуговых ламп к электросети с расщепленной фазой, обеспечение оптимального падения светового потока на рабочую поверхность и др.

Не малую роль в обеспечении качества освещения играет возможности цветопередачи светильника. Для ее обеспечения стандарт DIN 5035 предусматривает 4 класса и 2 подкласса цветопередачи. При проведении многих работ предусматривается класс 2А цветопередачи ($R_a = 70–79$) и только в единичных производствах необходим класс 1А цветопередачи ($R_a \geq 90$).

Разбиение качества цветопередачи на классы позволяет качественно ее охарактеризовать. Однако на практике лучше руководствоваться непосредственно величинами индекса цветопередачи R_a . Повышению качества света способствует внесение разнообразия в цветовую среду. Например, акцентирующее освещение позволяет подчеркнуть элементы интерьера за счет мини- и микропрожекторов, гибкого оптоволокна, подсвета потолка и других приемов. Рассеянный свет имеет наибольший коэффициент полезности и обеспечивает комфортное освещение, а декоративное освещение благоприятствует законченности интерьера.

УДК 628.9

РАБОЧИЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ИК-ПОРТА

Д.М. МИТРОФАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. НУРУЛЛИН

ИК-порт – это устройство, позволяющее без применения проводов создать устойчивое соединение между управляющим устройством и управляемым оборудованием (компьютером и другими устройствами с ИК-портами). Процесс обмена информацией происходит в инфракрасном диапазоне на длине волны от 850 до 900 нм. Дальность приёма-передачи для компьютерных систем составляет приблизительно 1 м. Поэтому необходимо размещать внешнее устройство напротив ИК-порта компьютера и на расстоянии не более указанного. Это повысит устойчивость связи порта. Использование нескольких светодиодов позволяет увеличить это расстояние. Подключение пульта дистанционного управления к персональному компьютеру, позволяет управлять при помощи соответствующего программного обеспечения, как общими функциями компьютера, так и отдельными приложениями.

Инфракрасный луч распространяется в форме конуса, поэтому соблюдать строгую направленность между устройствами передачи и приема не требуется. Угол конуса может достигать 30–50°. Несмотря на простоту работы с ИК-портом, в процессе обмена информацией могут возникать сбои за счет действия различных помех. Помехи чаще всего вызываются воздействием ярких источников света (прямые солнечные лучи, лампа дневного света), а также посторонними инфракрасными излучателями. При работе с ИК-портами мобильных телефонов желательно не использовать полупрозрачные чехлы или освобождать входы портов. Надежная работа ИК-портов возможна только при исключении неблагоприятных воздействий в процессе работы. Предварительные исследования показали, что пульт дистанционного управления телевизором функционирует на расстоянии до 15 м с углом конуса 45°.

УДК 621.032 (075.8)

РЕЗЕРВНЫЙ СВЕТИЛЬНИК АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В.С. НОСОВ, В.С. ГАЛУЩАК, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. В.С. ГАЛУЩАК

В соответствии с нормативными документами аварийное эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, где выход людей из помещения, при аварийной ситуации и отключении рабочего освещения, связан с риском травматизма. При этом эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц помещений 0,5 люкс.

Повышение надежности работы системы эвакуационного освещения можно достичь, выполнив её светильники энергонезависимыми, т.е. не подключаемыми в промышленную электрическую сеть.

Бурно развивающиеся источники света – светодиоды обладают значительными технико-экономическими преимуществами по сравнению с лампами накаливания и газосветными лампами. Это позволяет по-новому организовать системы аварийного эвакуационного освещения, а именно: путем установки автономных светодиодных светильников, работающих на возобновляемых источниках энергии.

Нами разработан светильник СИДАП 01 12x0,05 001 УЗ для аварийного резервного освещения. Конструктивно наш светильник представляет собой коробчатый корпус с размещенными в нем элементами электрической схемы. Электрическая схема включает солнечную панель, батарею герметичных необслуживаемых Ni-Mn аккумуляторов, управляющий сенсор и линейную светодиодную матрицу. В дневное время за счет солнечного излучения и рассеянного дневного света солнечная панель заряжает аккумуляторную батарею. Накопленная в аккумуляторах энергия обеспечивает работу светодиодной матрицы в любое время суток, а сенсор обеспечивает её экономное расходование.

Устанавливается светильник в оконном проеме лестничной клетки солнечной панелью к дневному свету, при этом светодиодная матрица разворачивается так, чтобы ее световой поток падал на лестницу.

Светильник СИДАП 01 12x0,05 001 УЗ не требует технического обслуживания в процессе текущей эксплуатации.

СЕКЦИЯ 7. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

УДК 519.95

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОДБОРЕ АКТИВАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

О.В. КРЮЧИН, ТГУ им. Г.Р. Державина, г. Тамбов
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.А. АРЗАМАСЦЕВ

Известно, что возможности искусственных нейронных сетей (ИНС) при моделировании объектов зависят от их структуры, под которой обычно понимают число скрытых слоев, число нейронов в этих слоях, имеющуюся систему связей между нейронами и их активационных функции. Правильный выбор указанных параметров в значительной степени позволяет достигать адекватности ИНС-модели реальному объекту [1].

Для успешного обучения ИНС необходимо подобрать значения активационных функций и весовых коэффициентов таким образом, чтобы минимизировать невязку. Для этого можно перебрать все комбинации состояний нейронов, подбирая для каждой комбинации весовые коэффициенты.

Одним из способов ускорения обучения является использование кластерных систем. На каждом из вычислительных узлов первый нейрон объявить неизменным и подбирать только остальные. Ведущий узел устанавливает первые нейроны неизменными и рассылает структуру сети на вычислительные узлы. Каждый узел перебирает все варианты, подбирает оптимальную структуру и возвращает ее на ведущий узел. Такая операция повторяется до тех пор, пока не будут перебраны все состояния первого нейрона. После этого ведущий процессор выбирает минимальное значение невязки.

Литература

1. Арзамасцев А.А., Крючин О.В., Азарова П.А., Зенкова Н.А. Универсальный программный комплекс для компьютерного моделирования на основе искусственной нейронной сети с самоорганизацией структуры // Вестн. Тамб. ун-та. сер. Естеств. и техн. науки. – Тамбов, 2006. Т. 11. Вып. 4. с. 564–570.

УДК 621.311.04

МЕТОДЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО И СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭМ ПОЛЯ

А.И. АСАДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Ю. БЕЛАШОВ

Изучение структуры, пространственно-временных и спектральных характеристик ЭМ полей и помех, генерируемых как естественными их источниками (процессы в ионосфере и магнитосфере Земли и пр.), так и искусственными излучателями (элементы электроэнергетических систем и т. п.) важно как при изучении фундаментальных проблем радиофизики и физики околоземного пространства, так и при решении вопросов электромагнитной совместимости электротехнических устройств, обеспечение устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

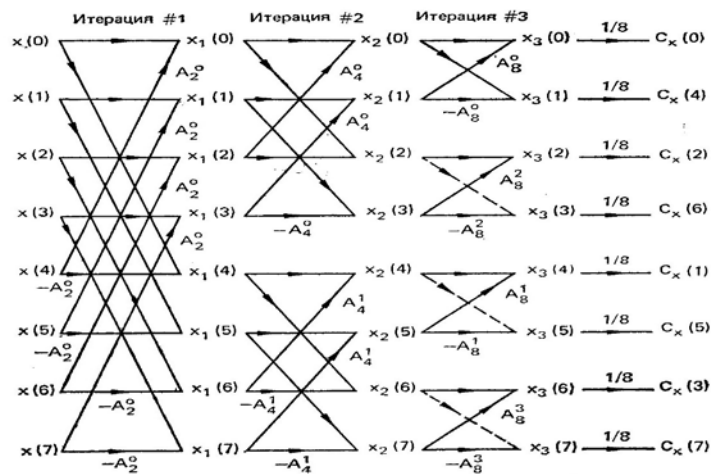


Рис. Пример графа БПФ (метод Кули-Тьюки)

при $N = 8$, где N – длина ряда, кратная 2^n .

В работе представлены методы корреляционного и спектрального анализа информации в экспериментальных исследованиях ЭМ поля, проведенных с помощью мобильного экспериментального комплекса. Для проведения корреляционного и спектрального анализа используется метод Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Здесь производится несколько итераций, и в конечном итоге мы получаем коэффициенты Фурье в комплексной форме.

К корреляционному анализу относятся: вычисление автокорреляционной функции, кросскорреляционной функции и свертки, а в спектральный анализ входят: получение фазового спектра, амплитудного спектра и спектра мощности.

Представленные алгоритмы позволяют изучать спектральный состав (включая динамические спектры) ЭМ излучений регистрируемых в экспериментах.

УДК 530.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКИ КВАНТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ

А.П. ЧАНДЕР, СФМЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. С.В. ПАНЧЕНКО

В данной работе исследовалась задача квантовых переходов частицы в потенциальной яме подобной GaAs/AlGaAs на основе нестационарного уравнения Шредингера $i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -2 \frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + V$ для гетероструктуры, содержащей двухбарьерную квантовую яму. На основе численного решения этого уравнения исследовались зависимости коэффициента проницаемости от энергии частицы при разных V . Экстремумы не наблюдались. Также исследовалась зависимость коэффициента проницаемости от ширины начального пакета распределения и ширины квантовой ямы.

Графики полученных зависимостей приведены на рис. 1–3.

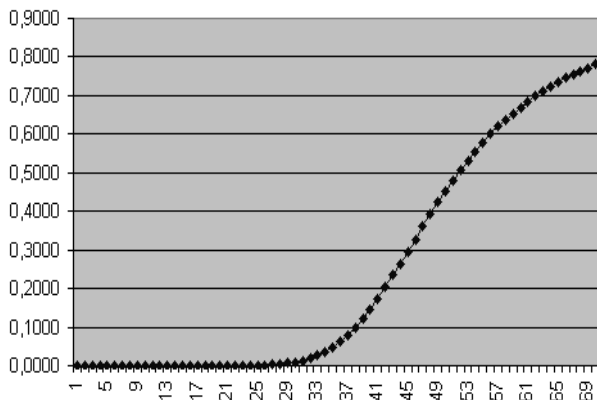


Рис. 1. Ширина пакета = 5 А

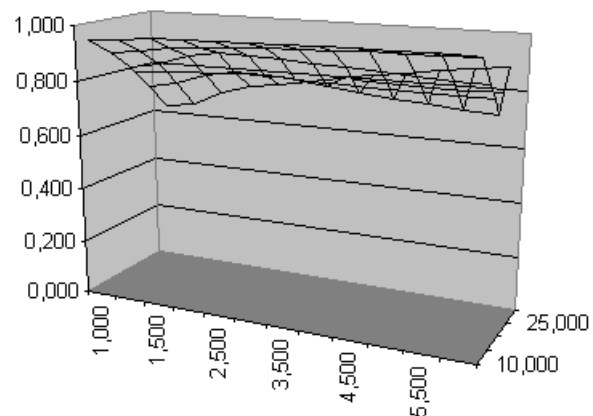


Рис. 2. Ширина пакета = 3 А

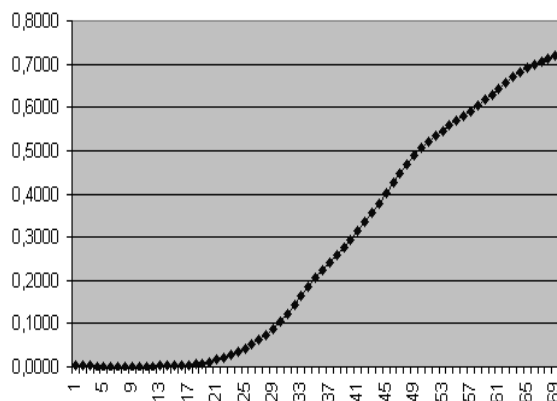


Рис. 3. Зависимость от ширины начального пакета распределения и ширины квантовой ямы. Ярко выраженных экстремумов у этой поверхности нет, и наибольшее значение наблюдается при наименьшей ширине квантовой ямы

Это говорит о том, что попытки искать максимальную проницаемость при изменении энергии частицы и ширины начального распределения не эффективны. Эффект максимума следует искать при изменении структуры гетерогенной зоны.

УДК 538.69.083.2

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОКА ЖИДКОСТИ НА ФОРМУ СПИНОВОГО ЭХО В ЯДЕРНОМ МАГНИТНОМ РЕЗОНАНСЕ

А.С. МАЛАЦИОН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук. проф. Н.К. АНДРЕЕВ

Изучение формы сигналов ядерного магнитного резонанса (ЯМР) текущей жидкости занимает важное место в гидродинамических приложениях ЯМР. По форме сигналов и огибающих сигналов спинового эхо в присутствии градиентов магнитного поля можно определить скорость потока и распределение скоростей потока. К сожалению, известные выражения для формы сигналов спинового эхо применимы только для простых профилей прямолинейных потоков внутри цилиндрических труб.

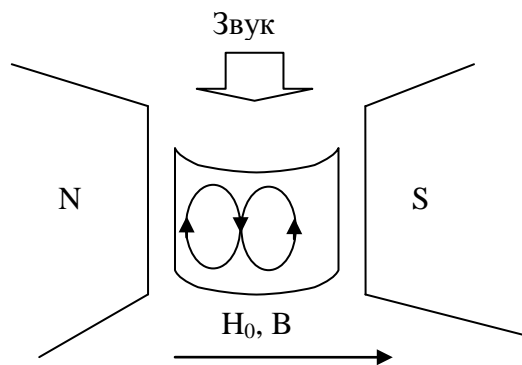


Рис. Схема проведения эксперимента

В работе рассмотрено влияние структуры потока жидкости на форму сигналов спинового эхо для случая замкнутых потоков (рис.). Показано, что в случае замкнутого потока, возникающего под воздействием сильной ультразвуковой волны в диэлектрической жидкости, может наблюдаться симметричный относительно момента 2τ орбый сигнал эхо. Конвекционные потоки, возникающие в зазорах магнита, также могут оказать влияние на геометрию потока и форму эхо.

При тех же условиях сигнал эхо в слабой электропроводящей жидкости под действием сил Лоренца, действующих в неоднородном магнитном поле на слабые ионные токи и приводящих к дополнительному смещению линий тока, может иметь вид асимметричных относительно момента 2τ и по амплитуде двух пиков.

Кроме того, при течении жидкости в трубках со случайной шероховатостью внутренней поверхности форма эхо может иметь и более сложную форму за счет случайных завихрений на стенках.

УДК 538.69.083.2

РЕГИСТРАЦИЯ МЕТОДОМ ЯМР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ГЕТЕРОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЗВУКА

А.С. МАЛАЦИОН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук. проф. Н.К. АНДРЕЕВ

В работе рассматривается образование стоячих акустических волн в столбике гетерогенной жидкости. Гетерогенная жидкость является по сути дела смесью однородной жидкости и погруженных в нее твердых частиц – шариков.

В эксперименте наблюдается вибрационное воздействие на осаждение твердых частиц радиусом 0,01 см и плотностью $2,5 \text{ г/см}^3$ в воде. На дне создается вибрация с частотой $6,7 \cdot 10^5$ Гц. Под действием вибрации частицы перестают оседать и концентрируются в горизонтальных слоях, отстоящих друг от друга на расстоянии 0,11 см, равном половине длине волны.

Наблюдение получившейся картины распределения плотности в прозрачной жидкости можно производить визуально. В данной работе предлагается наблюдать распределение плотности методом одномерной ЯМР-интроскопии (томографии).

Объект представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд, наполненный приготовленной смесью. Суть метода состоит в воздействии на объект акустической волны со стороны дна сосуда с одновременным наложением постоянного градиента магнитного поля тоже вдоль вертикального направления с помощью системы градиентных катушек, рассчитанных нами. Переходный сигнал ЯМР, полученный после воздействия на объект радиочастотного импульса на частоте резонанса в постоянном магнитном поле, подвергается преобразованию Фурье. Полученный спектр представляет собой картину распределения плотности жидкости вдоль направления акустической волны и градиента магнитного поля. Расстояние между пиками плотности вычисляется из соотношения между градиентом магнитного поля и величиной пространственной координаты.

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ CuGaTe_2 , ЛЕГИРОВАННОГО Mn, МЕТОДАМИ ЯМР ^{63}Cu И ^{69}Ga И ЭПР

А.Н. САФОНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящей работе приведены результаты исследования электронных свойств синтезированного базового соединения CuGaTe_2 и легированных Mn соединений $\text{Cu}_{0,97}\text{Ga}_{0,97}\text{Mn}_{0,06}\text{Te}_2$ и $\text{Cu}_{0,93}\text{Ga}_{0,93}\text{Mn}_{0,14}\text{Te}_2$ методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) ^{63}Cu и ^{69}Ga и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Соединения с кристаллической структурой халькопирита, легированные Mn, являются перспективными для использования в устройствах спинтроники благодаря сравнительно более высоким значениям температуры магнитного упорядочения, а также технологичностью их получения в виде качественных монокристаллов и пленок.

Полученные экспериментальные спектры ЯМР ^{63}Cu и ^{69}Ga базового соединения CuGaTe_2 состояли из центрального пика, форма которого определяется анизотропией химического сдвига, и широкого спектра, представляющего собой боковые квадрупольно уширенные переходы. Сателлиты, обусловленные переходами ($\pm 3/2 \rightarrow \pm 1/2$), возникающие за счет квадрупольных взаимодействий первого порядка, оказались слабыми по интенсивности и их пики практически не заметны, и распределены в частотном диапазоне 300 кГц. Легирование Mn приводило к значительному снижению интенсивности сигналов ЯМР ^{63}Cu и уширению линий. Спектры ЯМР ^{69}Ga легированных Mn образцов представляют собой одиночную асимметричную линию без какой-либо структуры, что указывает на малое значение константы квадрупольной связи.

В беспримесном порошкообразном CuGaTe_2 поглощение сверхвысокочастотного излучения наблюдалось в виде двух линий ЭПР. Одна из них – наименее интенсивная, имела существенную несимметричную форму с полушириной, примерно равной 800 Ое. Вторая – более интенсивная линия имела форму, отдаленно похожую на лоренцевую, с шириной 300 Ое. Легирование соединения CuGaTe_2 марганцем приводило к резкому усилению интенсивности второй линии. При этом центр линии сдвигался в сторону увеличения резонансного магнитного поля. Интенсивная линия в допированном CuGaTe_2 несомненно связана с центрами, образуемыми марганцем. Форма линии указывает на то, что эффективный спиновый момент центра равен $1/2$.

УДК 615.84

ДАТЧИКИ ДЛЯ НЕЙРО-КОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА: ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время, выдвинуто три общие категории платформ нейро-компьютерных интерфейсов для клинических приложений. Эти категории определяются источником, от которого получен управляющий сигнал мозга. Первая категория использует ЭЭГ, которая измеряет мозговые сигналы от скальпа. Вторая категория, называемая «системами одиночных нейронов» использует внутрипаренхиматозные микроэлектроды, которые обнаруживают возникновение потенциала действия индивидуальных нейронов. Третьей является промежуточная методика, в которой электроды фиксируют сигналы прямо от корковой поверхности (либо выше либо ниже твёрдой мозговой оболочки).

Основанные на электроэнцефалографии нейро-компьютерные интерфейсы используют электрическую деятельность, зарегистрированную от скальпа. Большинство исследований нейро-компьютерных интерфейсов на людях проводилось при использовании ЭЭГ, вероятно потому что этот метод записи удобен, безопасен, и недорог. Несмотря на недостатки, сигналы, соответствующие исследованиям нейро-компьютерных интерфейсов, могут быть найдены в ЭЭГ, например модуляции мю (8–12 Гц) или беты (18–25 Гц) ритмов, произведенные сенсорно-двигательным верхним слоем. Эти ритмы показывают неспецифические изменения (обычно уменьшения в амплитуде) связанные с перемещениями и с формированием изображений перемещения. Они не содержат специфическую информацию о подробностях перемещений, таких как позиция или скорость перемещений рук. Это может быть важным недостатком, потому что сигналы, связанные с удельными параметрами перемещения, обычно используются в системах нейро-компьютерных интерфейсов, основанных на величине возникновения потенциала действия. Другая проблема с записями ЭЭГ – величина обнаруженных амплитуд; они являются очень небольшими, это приводит к возникновению артефактов созданных источниками вне мозга, такими как электромиографические сигналы вызванные сокращением мышц.

УДК 546.55.681.711.24

КОНТРОЛЬ ДЕФЕКТНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДАМИ ЯМР

С.В. ШМИДТ, Е.В. ШМИДТ, КГЭУ, г. Казань

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

канд. физ.-мат. наук, доц. В.Л. ЕРМАКОВ

Полупроводниковые соединения $A^I B^{III} C^{VI}_2$ (A^I – Cu, Ag; B^{III} – Al, Ga, In; C^{VI} – S, Se, Te) со структурой природного минерала халькопирита ($CuFeS_2$) являются перспективными материалами для полупроводниковой гелиоэнергетики. Известно, что появление структурных дефектов оказывает влияние, как на электрические свойства этих материалов, так и на к.п.д. солнечных элементов изготовленных на их основе. Все это требует развития методик контроля дефектности многокомпонентных соединений группы $A^I B^{III} C^{VI}_2$. Наиболее эффективным оказалось изучение дефектов кристаллической структуры методами магнитного резонанса ядер, обладающих электрическими квадрупольными моментами.

В настоящей работе с целью изучения влияния структурных дефектов на ближайшее окружение $In(III)$ методами ЯМР ^{115}In исследованы синтезированные из химических элементов образцы соединения $CuInS_2$ с составом, варьирующимся в пределах области гомогенности и взятые для сравнения или с избыточным, или со стехиометрическим количеством серы.

В спектрах ЯМР ^{115}In (ядерный спин $I = 9/2$) практически всех исследованных образцов наряду с центральной компонентой наблюдается большое число сателлитных линий в квадрупольной части спектра, которые в первом приближении расположены симметрично. Полученные спектры позволяют выделить два значения константы квадрупольной связи ^{115}In , что указывает на существование в ближайшем окружении атомов индия (^{115}In) по крайней мере двух различных типов структурных искажений. С другой стороны, в спектрах ЯМР ^{63}Cu (ядерный спин $I = 3/2$) соединения $CuInS_2$ такие особенности не наблюдаются. Поскольку в спектрах ЯМР ^{115}In просматриваются особенности, а для спектров ЯМР ^{63}Cu нет, то можно предположить, что эти искажения обусловлены замещением атомов серы атомами меди и появлением структурных

дефектов – вакансий в позициях серы (V_S) и антиструктурных дефектов (Cu_S). Дополнительным подтверждением такого вывода может служить способность $CuInS_2$ растворять значительное количество халькозина (Cu_2S).

УДК 519.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

А.Б. ГОЛОДЕНКО, ОАО «Концерн «СОЗВЕЗДИЕ», г. Воронеж
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. ШИТОВ

Освоение солнечного излучения прямым преобразованием в электричество существенно сдерживается малой эффективностью и высокой стоимостью фотоэлектрических элементов из химически чистого кристаллического кремния. Поэтому дальнейшее развитие солнечной энергетики связывается с массовым производством тонкоплёночных недорогих и эффективных солнечных батарей из аморфного кремния $a-Si$. Однако отрицание дальнего порядка в структуре аморфного вещества и моделирование её математическими средствами, ориентированными на воспроизведение структур беспорядочных и случайных по определению, не позволяет установить связь структуры $a-Si$ с его электрическими и оптическими свойствами.

Для выхода из этой ситуации следует полагать, что аморфная структура исключает случайность, не хаотична и существует реальная закономерность её строения. При этом иррегулярность и фрагментированность относит такую структуру к фрактальным объектам и позволяет применить к ней методы фрактального моделирования, в частности на основе периодических систем итерированных функций (СИФ) вида:

$$\begin{aligned}
 x_{i+1} &= ax_i + by_i + c \\
 y_{i+1} &= dx_i + ey_i + f \\
 x'_0 &= \begin{cases} x_0 + pT, & \text{если } x_0 < -T/2 \\ x_0, & \text{если } -T/2 \leq x_0 \leq T/2 \\ x_0 - pT, & \text{если } x_0 > T/2 \end{cases} \\
 y'_0 &= \begin{cases} y_0 + qT, & \text{если } y_0 < -T/2 \\ y_0, & \text{если } -T/2 \leq y_0 \leq T/2 \\ y_0 - pT, & \text{если } y_0 > T/2 \end{cases}
 \end{aligned}$$

где x_0, y_0, x'_0, y'_0 – координаты начальных точек предыдущего и очередного цикла преобразований, T – период преобразований, $p = 1, 2, \dots, \infty$ и $q = 1, 2, \dots, \infty$.

Поскольку аморфность тетраэдрической структуры порождают отклонения валентных и диэдрических углов её атомной ячейки, то именно их смысл придан аргументам СИФ. Такой подход позволил построить модель структуры α -Si из 50 000 атомов с расчётом трёхмерных координат каждого из них. Радиальная функция распределения, атомная плотность, распределения валентных и диэдрических углов модели соответствуют параметрам реального образца α -Si, установленным экспериментально на модели такого объёма.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Зверева Э.Р. Ресурсо- энергосбережение в топливных хозяйствах электростанций	3
Ключко Е.В. Современные методы сбора и анализа технологической информации в НчЭС	5
Тимофеев Р.А. Теоретико-методологические подходы к оценке экономической эффективности энергетических компаний в постреформенный период	10

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

Артыкаева Э.М. Контроль станков качалок нефти с помощью ваттmetroграмм.	14
Альберто П.М. Роль гидравлических и атомных электростанций в развитии электроэнергетики Анголы	16
Асташкин Р.М., Сизов Т.Ю., Дворцов А.В. Оптимизация потоков реактивной мощности в сетях ОАО «Мордовэнерго».	17
Аухадиев А.Р., Лутфуллин Р.Р. Исследование возможностей диагностики полимерных изоляторов дистанционными методами. . .	18
Ахметшин А.Р. Оптимизация способов регулирования напряжения в распределительных сетях 0,4–10 кВ.	19
Блинов А.М. К вопросу оценки погрешностей измерительных трансформаторов тока.	20
Валеев А.Х. Анализ одного неполнофазного режима работы двух параллельно соединённых трёхфазных трансформаторов 110/10(6) кВ.	21
Виноградова Д.В., Марьин С.С. Исследование и разработка методов расчёта производительности современных электрических кабельных сетей связи.	22
Гайсин Б.М. Оценка надёжности схем распределительных устройств в мировой энергетике.	24
Гареев А.Ш. Матричный метод расчета преобразований провалов напряжения электрической сети	25
Дворцов А.В., Сизов Т.Ю. Анализ термической стойкости экранов силовых кабелей при внутренних коротких замыканиях	26

Горячева О.В. Оптимизация параметров группы токоограничивающих устройств в электрических сетях 110–220 кВ.	27
Дойников А.А. Однопроводная передача энергии.	28
Закирова Л.В., Юлуков А.М. Обеспечение надёжности коммутационных устройств.	29
Заманова Л.И. Диагностика трансформаторных масел по влагосодержанию.	30
Запевалов Д.А. Расчёты при проектировании низковольтных сетей постоянного и переменного тока.	31
Ильичева Е.Н. Опыт формирования единичных расчётных моделей электрических сетей.	32
Калингер А.В. Внедрение тепловизионной диагностики электрооборудования на подстанциях.	33
Караев В.В. Исследование свойств подвесных полимерных изоляторов.	34
Косорлуков И.А. Современное состояние и перспективы проведения электродинамических испытаний трансформаторов.	35
Козлов А.Н. Адаптированные системы отключения выключателей при модернизации генераторного распределительного устройства Чебоксарской ГЭС.	36
Коротков А.В. Расчёт годового отпуска электроэнергии в фидер 0,4 кВ подстанции городской электросети.	37
Коротков А.В. Графики электрических нагрузок потребителей городских электрических сетей.	38
Котельников В.Н. Усовершенствование резистивно-временных методов диагностики состояния изоляции трансформатора.	39
Кузьмин И.Л. Сопоставление модельных расчётов и экспериментальных наблюдений осциллограмм тока при однофазном замыкании на землю.	40
Кулаков М.П. Оптимизация характеристик надёжности оборудования при передаче и распределении электроэнергии.	41
Белоусова Н.А., Литвинова А.Н. Реклоузер – новый уровень автоматизации и управления ВЛ 6 (10) кВ.	42
Мостовой С.Е. Диагностирование технического состояния и оценка остаточного ресурса силовых трансформаторов электростанции металлургического предприятия.	43
Муллахметов А.Р. Использование временных характеристик в деле диагностики изоляции силовых трансформаторов.	44
Мусаев Т.А., Мурадимов Р.Р. Методика оценки влияния реактивной нагрузки на показатели качества электроэнергии в сетях 0,4 кВ.	45

Мухаметгалиев А.В. Математическое моделирование высших гармоник вентиляльных преобразователей, исследование их влияния на режим работы сети.	46
Наумов Б.А. Управление перетоками реактивной мощности в сетях напряжением 0,4–110 кВ.	47
Низамов И.И. Оптимизация параметров резистивных токоограничивающих устройств в электрических сетях 110–220 кВ.	48
Нуриева Э.Р. Суточное управление нагрузками в условиях дифференцированной платы за электропотребление и мощность.	49
Новоселов Е.М., Глотова Н.В. Контроль обрыва стержней обмотки ротора асинхронного электродвигателя в режиме пуска	50
Павлов А.В., Рощупкина А.М. Перенапряжения в электроэнергетических системах и защита от них.	51
Пекарский А.С. К вопросу о развитии рынка электромонтажных работ.	52
Родионов А.Е. Агельский А.В. Оценка емкостных токов замыкания в сетях среднего напряжения с многореакторной схемой компенсации.	53
Родионов А.Е. Петров А.Н. Повышение надежности распределительных сетей.	54
Рыжкин В.В. Влияние коммутационных перенапряжений в кабельных линиях 6–10 кВ промышленных предприятий.	55
Салихов Р.М. Оценка качества состояния изоляции.	56
Саушина Л.С. Регулирование коэффициента реактивной мощности с использованием данных АСКУЭ.	57
Сапарин М.В. Анализ систем электроснабжения пригородного района и оптимизация распределительных сетей.	59
Сибгатуллина Э.М. Оценка уровней напряжённости электромагнитных полей на подстанциях.	60
Сизов Т.Ю., Дворцов А.В., Асташкин Р.М. Особенности систем электроснабжения газотурбинных компрессорных станций	61
Маланов Д.В., Стрелков И.В. Влияние полноты и достоверности исходной информации на точность определения потерь электроэнергии в распределительных сетях.	62
Струнова А.В., Кубарев А.Ю. Частичные разряды в изоляции кабельных линий.	63
Тогулев Д.А. Анализ современных нетрадиционных источников электрической энергии.	64
Гнеушев А.С., Фатеева К.С. Учёт затухания и деформации волн при определении перенапряжений, возникающих на подстанции.	65

Фонарева А.О. Согласование параметров токоограничивающих устройств с работой релейной защиты.	66
Хоанг Т.А. Определение параметров тока среза в вакууме.	67
Чекан Г.В. Методика оценки надёжности подстанций.	69
Шакиров А.Н. Компенсация реактивной мощности.	70
Юсупова Э.Р., Валеев А.И. Нестационарные методы конверсии оксидов серы и азота при использовании стримерной короны.	71
Юсупов Т.Д. Проблема развития водных триингов в экструдированной кабельной изоляции и способы её решения	72
Юсупов Т.Д. Применение сшитого полиэтилена и его композиций в кабельной изоляции и тенденции их развития в России	73
Юдицкий Д.М. Использование газотурбинных установок на тепловых электрических станциях.	74
Смакова Л.И. Моделирование конфигурации электрического поля произвольной системы N точечных зарядов.	75
Карпенко О.И. Использование имитационного моделирования при расчетах надежности систем электроснабжения.	76
Бринюк В.Б., Сиволап Е.Ю. Борьба с гололедными образованиями на линиях электропередач при помощи пьезоэлектрического ультразвукового генератора	77
Камалиев Р.Н., Мингалиев А.Р. Решение задачи выбора счетчика электроэнергии с использованием метода экспертных оценок.	77

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Зинкевич А.И. Разработка математической модели и программного обеспечения диагностики отложений в теплообменнике методом параметрической идентификации	79
Губарева К.О. Практическое применение нейросетевых технологий для повышения эффективности теплоэнергетического оборудования	80
Поленов Л.А., Котдусов И.Ф., Зарипова Р.С. Разработка проточной установки для экспериментальной реализации измерений скорости потока текущих сред электродиффузионным методом.	81
Салахутдинов Р.Р. Анализ полученной из нейросетевой модели зависимости коэффициента теплопроводности от разности температур	82

Окулин М.В. Исследование упругих характеристик смесового твёрдого топлива с помощью ультразвукового измерителя на базе микроконтроллера AVR	83
Двоеносова М.В. Разработка методики получения зависимости теплоты сгорания фрезерного торфа от влажности из нейросетевой модели.	84
Любимов П.Е. Исследование влияния обучающей выборки на примере нейросетевой модели горения антрацита.	85
Архипов М.Н. Устройство, выполняющее функцию автоматического выключателя лестничного освещения.	86
Антонов Н.П. Интегратор с большим временем интегрирования.	88
Абраров Т.А. Система контроля и управления основными параметра климата при эксплуатации электрооборудования с использованием информационных технологий	89
Баина В.С. Математическое моделирование решающего устройства по Слепяну на выходе амплитудно-фазового преобразователя.	90
Ахунова А.И. Моделирование системы бесконтактной идентификации.	91
Китабов А.Н. Микропроцессорная система контроля погружного электродвигателя	92
Бишева Л.В. Моделирование распознавания символов.	93
Рыбинский В.А. Математическое моделирование магнитных параметров и характеристик сред.	94
Валеев А.Ф. Разработка программы аналитического шифрования	95
Фомин А.И. Автоматизированный расчёт установившихся режимов сложнзамкнутых сетей.	96
Зайнетдинов Р.З. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций.	97
Попов Т.А., Шумкин В.Г. Канал ввода аналоговой информации в персональный компьютер.	98
Галимзянов Р.Ш. Требования, предъявляемые к средствам диагностирования подшипников качения электрорезистивным методом	99
Забатов А.Г. Мультимедийный комплекс для оценки качества знаний.	100
Сафина Д.Г. Использование программного комплекса LabVIEW для разработки станций сотовой связи.	101
Лутошкин И.А. Метод оценки технического состояния электрического оборудования в условиях эксплуатации на основе современных информационных технологий.	102

Москалёва А.Н. Проектирование цифрового фильтра с динамически изменяемыми параметрами	103
Афзалов А.В. Конструктор аналоговых фильтров с использованием среды схемотехнического моделирования PSPICE. .	104
Марданов Р.Р. Автоматизированная система контроля технического состояния электродвигателей.	105
Закиев И.А. Компьютерное моделирование динамического сжатия вращающегося многослойного тела с изменением плотности.	106
Моисеев А.Л. Измерение числа ошибок на канальном уровне компьютерной сети.	107
Коверова Р.Р. Выбор технического обеспечения двухкомпонентного инфракрасного газоанализатора для контроля транспортных выбросов.	108
Крайнов А.А. Прогнозирование отказов электрооборудования в условиях эксплуатации с использованием современных информационных технологий.	109
Низамова Г.Ф. Разработка виртуального прибора беспроводной передачи данных для изучения влияния свойств атмосферы на распространение радиоволн.	110
Сельская И.С., Садриева А.В. Мониторинг качества воды . .	111
Салихова А.Т. Исследование влияния физических характеристик нефтяной скважины на устойчивость решения уравнения фильтрации.	112
Рудозуб В.В. Влияние газообразных компонентов в трансформаторном масле на работу трансформатора.	113
Остроумов К.С. Моделирование электрического поля с помощью уравнений Лапласа и Пуассона.	114
Симонов М.В. Кластерный анализ биллингов.	115
Хамитов А.Ф. Система диагностирования электрооборудования по информационным параметрам.	116
Шибанов Р.С. Система мониторинга технического состояния электрических машин по виброакустическим параметрам на основе технологии LabVIEW	118
Ахметзянов Р.З. Система контроля и мониторинга небаланса ротора электрических машин в условиях эксплуатации	119
Юсупов К.М. PCI-блок управления ионозонда «Циклон». Аппаратная часть.	120
Ибрагимов Р.Р. Газо- гидро- динамический датчик.	121

СЕКЦИЯ 3. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Иванов И.Ю. Особенности выполнения современных микропроцессорных дифференциально-фазных защит линий электропередачи.	122
Тимофеева Н.Г., Арсентьева Е.Я., Максимов А.Е. Анализ и цифровая обработка переходных токов включения силовых трансформаторов.	124
Юмадилов Т.Г., Иванов А.С. Ситуации, когда микропроцессорные устройства релейной защиты реагируют медленнее, чем электромеханические.	125
Алексеев В.Ю., Плеханов М.К., Юсупов Р.З. О выбеге синхронных двигателей на нефтеперекачивающих станциях.	126
Куракин С.В. Оперативный анализ системы электроснабжения на базе МПЗ.	127
Лавринович М.В. Отключающая способность воздушного промежутка.	128
Петрухин С.Б. О недостатках построения частотных автоматик Казанской ТЭЦ-3.	129
Калинин А.В. Информационная система контроля энергоресурсов станции.	130
Козуб А.А., Спиридонов Д.Л. Программный модуль мониторинга отклонений торгового графика субъекта НОРЭМ.	131
Ермаков К.И. Определение места повреждения на магистральных линиях электропередач.	132
Ведерников С.Г., Лаврентьев И.С. Разработка автоматизированного локационного программно-аппаратного комплекса обнаружения гололедных образований на воздушных линиях электропередачи.	134
Ведерников С.Г., Лаврентьев И.С. Цифровая фильтрация высокочастотных сигналов канала связи при локационном зондировании воздушной линии.	135
Падисов Р.В., Писковацкий Ю.В. Микропроцессорный коммутатор линий электропередач.	136
Моряшов А.О. Вероятностные модели и оптимальная обработка флуктуирующих рефлектограмм обнаружения гололеда.	137
Завгороднев М.Ю., Петров Д.С. Составление модели ЛЭП и ее элементов.	139
Мубаракшин А.М. Модернизация схемы управления тягодутьевыми механизмами пускорезервной котельной Елабужской ТЭЦ.	140

Милосердов В.Ф. Компьютерное моделирование автоматической частотной разгрузки с измерением мощности	143
Айхайти Исыхакэфу Синхронные протоколы PLC	144
Данилов Е.В. Реализация калибровки токоизмерительных средств в системе защиты и управления электросетью 0,4 кВ	145
Мартынчук С.Л. Разработка стека протоколов для системы мониторинга и управления электросетью 0,4 кВ	146
Шагиев Р.И., Закиров А.Н. Реализация системы мониторинга и диагностики электроэнергетических сетей на базе ПЛИС Altera Cyclone II.	147
Конова Е.А. К вопросу об эффективности и надежности функционирования релейной защиты.	148
Камалов Р.И. Решение вопроса мониторинга, анализа и отслеживания превышений коэффициента реактивной мощности . . .	149

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Спиридонов А.А. Оптимизация режимов работы электросварочных установок и их систем электроснабжения.	150
Сарсикеев Е.Ж. Электроснабжение децентрализованных потребителей на базе ветродизельных комплексов.	151
Сафин Р.И. Оптимизация режимов работы электротермических печей и их систем электроснабжения.	152
Фокеев А.Е. Стенд для исследования работы трехфазного трансформатора при различной форме тока в нагрузке	153
Логачева А.Г. Оценка надежности многофазных асинхронных двигателей.	154
Салин А.А. Автоматизация конструирования кабельных трасс.	155
Хасанов Р.Т. Анализ и разработка систем управления вентильно-индукторными двигателями.	156
Ефремова Н.Ю., Минькач В.С., Наумчук В.Ю. Регулирование напряжения в городских электрических сетях в условиях неопределенности.	157
Абдуллин Л.И. Совершенствование учета как одно из мероприятий по снижению потерь электроэнергии в распределительной сети 10–0,4 кВ.	158
Абрамовских П.В., Туз И.В. Исследование режимов коротких замыканий при существующей и перспективной схеме Магнитогорского энергетического узла.	159
Видинеев А.В. Лабораторные работы на ПК для вузов с применением пакета прикладных программ MatLab & Simulink.	160

Серов В.Н. Пути повышения эффективности систем электроснабжения г. Орск.	161
Галиев И.З. Анализ величины погрешности расчета потерь электроэнергии в цеховых сетях обусловленных неучетом нагрева проводников.	162
Александров С.В. Тенденции в модернизации систем освещения.	164
Гарайшин Р.Н. Оценка надежности системы электроснабжения и применение источников бесперебойного питания.	165
Ахметханов А.М. Анализ статической устойчивости генераторов собственных электростанций ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»	166
Фирсова С.С., Ширшов А.В. Энергосбережение в сферах коммунально-бытового хозяйства и населения	167
Дыганов И.А. Энергоаудит на промышленных предприятиях	168
Боровлев А.С., Попова К.П. Анализ электропотребления газокompрессорной станции «Ивдельская» Ивдельского линейно-производственного управления магистральными газопроводами ...	169
Закиров Ф.Ф. Обоснование применения полупроводниковых бесконтактных токоограничивающих выключателей.	170
Хламова А.В. Оптимизация загрузки турбогенераторов неблочных заводских электростанций.	171
Касымов Р.И. Исследование эффективности эксплуатации низковольтных коммутирующих аппаратов цеховых сетей	172
Журавлева О.Ю., Пестеров А.С. Актуальные вопросы электроснабжения.	173
Крутских А.В. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии на примере завода цветной металлургии.	174
Кривоногов В.А., Ермак А.С. Задача оценки эффективности релейной защиты в сложных системах электроснабжения с собственными электростанциями.	175
Шахворостов А.Н., Жуков В.И., Прилепский В.Н. Силовые кабели на напряжение 1–10 кВ с изоляцией из силаносшитого полиэтилена.	176
Кубанго Баба Эдуардо Мораис. Влияние несимметричных режимов на двигательную нагрузку в системе электроснабжения ...	177
Лаврентьев И.Н., Суетин А.Н. Анализ электропотребления Пелымского линейного производственного управления магистральных газопроводов.	179

Салихов Р.М. Современное программное обеспечение для проектирования систем электроснабжения.	180
Беляевский Р.В. Оптимизация процесса компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий.	181
Чикляев М.Е. Анализ статистических показателей постепенных и внезапных отказов повреждений трансформаторов.	182
Марунина И.В., Рябинин В.Е. Анализ рынка электротехнических изделий для реализации технической политики распределительных сетей.	183
Ягольникова Е.Б. Актуальность разработки методов расчета долевых вкладов источников и потребителей в потери электроэнергии.	184
Шляпченко А.А. Влияние осветительных приборов на гармонические составляющие сети.	185
Савинкина О.А., Наумкин Р.Б. Влияние бытовых электроприемников на качество электроэнергии.	186
Наумкин Р.Б., Савинкина О.А., Шеварухин А.С. Анализ электропотребления жилого сектора.	187
Юнусов И.И. Влияние электрооборудования на качество электроэнергии в низковольтной сети.	189
Имамов Л.Ф. Пути нормализации и оптимизации электробалансов в системах электропотребления.	189
Гасимов И.А. Целесообразность использования сверхпроводниковых ограничителей тока в промышленности РТ.	190
Панова Е.А. Задачи анализа режимов продольной несимметрии в системах электроснабжения.	191
Филева В.Д. Энергосбережение в системах электроснабжения промышленных предприятий.	192
Сарафанова О.В. Анализ использования систем активной молниезащиты.	193
Галимов А.И. Техническая политика ОАО «Сетевая компания» направленная на совершенствование схем развития электрических сетей республики.	194
Мубаракшин А.Р. Электроснабжение промышленных предприятий.	195

СЕКЦИЯ 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Черномашенцев А.Ю., Ковальчук Д.В. Создание измерительной системы для анализа и контроля частичных разрядов	196
Денисенко П.Е. Исследование прохождения амплитудно-модулированного сигнала через колебательный LC-контур в среде Multisim 10.1	197
Ершова Ю.В., Калумбу Ф.И. Многочастотный импедансометрический метод экспресс-анализа показателей качества трансформаторных масел	199
Лапочкина В.В. Имитационные средства обучения стрельбе.	200
Хасанов А.А. Разработка метода ультразвуковой дефектоскопии лазерным возбуждением акустических волн.	201
Образцов С.А. Построение интеллектуальной системы наружного освещения с использованием многоагентного подхода.	202
Нгуайя М.Л. Особенности поведения коэффициента отражения при распространении электромагнитных волн в неоднородных диэлектрических средах.	203
Садыков И.Р. Моделирование волоконных датчиков для измерения температуры и давления.	204
Рахман М.М. Активные измерительные трансформаторы. ...	205
Раков Д.В. Устройство связи системы сбора и обработки информации с масс-спектрометром МХ-1310	206
Матвеев Г.С. Современные вакуумные реклоузеры.	208
Свищёва Н.А. Возможности акустических методов диагностики состояния изоляции обмоток электротехнического оборудования.	209
Коваленков П.Ю. Безиндуктивный измерительный преобразователь напряжения.	210
Синицин А.М. Электронный парамагнитный резонанс в галените с примесями.	211
Диандимба Н.А. Измерения фрактальных размерностей проводящих материалов.	212
Джордж М. Микропроцессорная система управления лифтом	213
Сафаров И.М. Транзисторный детектор для спектрометра ЭПР.	214

Артемова Ю.А. Интеллектуальный фотоэлектрический датчик.	215
Варламов Д.С. Совершенствование средств защиты асинхронных двигателей погружных электронасосных агрегатов от неполнофазных режимов работы и несимметрии питающих напряжений.	216
Педро Ибрахим А.Д. Разработка программно-аппаратного комплекса контроля симметрии трехфазной системы напряжений и токов электрических двигателей.	217
Самигуллин А.Р. Автоматизация процесса откачки подземных вод, вентилирования при строительстве станций метро.	218
Фаткуллин А.И. Оптоэлектронный блок гальванической развязки многофункционального программно-аппаратного электроизмерительного комплекса.	219
Шафигуллин М.М. Проектирование управляющих устройств в программной среде Multisim 10.1.	220
Баширова А.Б. Комплекс виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Микроэлектроника».	221
Газаль Аиния Касим Мохамад Рида. Источник бесперебойного питания с коммутируемыми выходными обмотками.	222
Ghazaleh Ainiieh Kasim Mohamad Riad. Uninterruptible power supply with switched target windings.	223
Масиаб А.Г.Н. Коммутационные устройства на основе фазового перехода в диоксидах ванадия.	224
Сиказве Найман. Разработка автоматического устройства поочередного включения трехфазных асинхронных двигателей систем вентиляции и кондиционирования воздуха.	225
Sikazwe Nyman. Development of a device for sequential switching of three-phase asynchronous motors for systems of ventilation and air conditionings.	226
Фаррахов А.И. Применение минимаксного критерия для оптимизации программ локализации места заниженного сопротивления изоляции в сетях постоянного оперативного тока энергосистем.	227
Чичарин В.Ю., Баширова А.Б. Синтез вейвлетов для анализа нестационарных вибраций при стендовых испытаниях. ...	228

Шумилов М.А. Система управления электропривода с транзисторным широтно-импульсным преобразователем с использованием полупроводниковой электроники	229
Портнаго М.И. Комбинированная защита в импульсных блоках питания.	230
Бубнов Е.В. Модернизация платы импульсных усилителей электропривода с транзисторным широтно-импульсным преобразователем.	231
Хренов Н.В. Моделирование в математическом пакете MatLab тиристорного преобразователя частоты для установки индукционного разогрева крайних ниппелей кронштейнов анододержателей.	232
Токарева Д.А. Simulink-модель индукционной установки для напайки алмазных сегментов к отрезным кругам.	233
Шарафиев А.Ф. Моделирование схемы замещения трансформатора в виде цепи с распределенными параметрами. . . .	234
Рахматуллин А.Р. Повышение точности измерения АЧХ силового трансформатора в полевых условиях.	235
Ахмедова О.О. Использование комбинации электрофизических методов обеззараживания сточных вод.	236
Baghban M.K., Askarov R.R. Transformer winding deformation recognition based on frequency response analysis using neural network	237

СЕКЦИЯ 6. СВЕТОТЕХНИКА, МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Борисов С.И. О исследовании компактных люминесцентных ламп с защитными полимерными покрытиями.	238
Салкин Д.А. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для контроля состава ламповых люминофоров.	239
Константинов А.Н. Сравнительная оценка технических характеристик люксметров-пульсметров	240
Волков С.В. Светодиодный аналог люминесцентной лампы. .	241
Сайфутдинова В.Р. К обоснованию возможности использования вариабельности спектральных показателей светодиодов для характеристики их качества.	242

Синюгин И.Е., Султанова Э.Ф. Анализ особенностей работы светодиодных модулей при питании их переменным током через емкостной ограничитель	244
Мышонков А.Б. Методы измерения температуры кристалла светодиода.	245
Зарипов А.И., Абдульменов Д.Р. Дешифровка и анализ конструкции маломощного светодиодного светильника.	246
Пашина Н.Ю. Пути повышения габаритной яркости тел накала галогенных ламп.	247
Малев А.В., Гильмутдинов Р.Я. Использование специальной светотехники в Казанском зооботсаду.	248
Овчинникова И.В., Гильмутдинов Р.Я., Мударисов А.Р. Особенности использования светотехники в условиях зоопарков.	249
Приклонский В.Ю. Влияние показателей качества электроэнергии на качество освещения.	250
Алхамсс Я.Ш. Сравнительная оценка электроемкостей разных типов гальванических элементов.	251
Ильина О.В., Танеева А.В., Карташова А.А. 10 -Алкил(арил)феноксарины в качестве сорбентов для газожидкостной хроматографии.	252
Танеева А.В., Карташова А.А. Совершенствование газохроматографических методов анализа алкилароматических углеводородов в воздушной среде автомобильных дорог.	253
Каминцева Н.В. Анализ приемников излучения.	254
Киямутдинова А.Р., Ульянова А.В. Роль качества освещения в обеспечении производительности и безопасности труда	255
Митрофанов Д.М. Рабочие условия работы ИК-порта	256
Носов В.С., Галушак В.С. Резервный светильник аварийного освещения лестничных клеток многоэтажных зданий	257

СЕКЦИЯ 7. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

Крючин О.В. Использование кластерных систем при подборе активационных функций искусственной нейронной сети.	258
Асадуллин А.И. Методы корреляционного и спектрального анализа информации в экспериментальных исследованиях ЭМ поля	259
Чандер А.П. Исследование физики квантовых переходов в гетерогенных структурах.	260
Малацион А.С. Влияние структуры потока жидкости на форму спинового эхо в ядерном магнитном резонансе.	261

Малацион А.С. Регистрация методом ЯМР распределения плотности гетерогенной жидкости под действием звука.	262
Сафонов А.Н. Исследование соединения CuGaTe_2 , легированного Mn, методами ЯМР ^{63}Cu и ^{69}Ga и ЭПР.	263
Севастьянов И.Г. Датчики для нейро-компьютерного интерфейса: проблемы использования.	265
Шмидт С.В., Шмидт Е.В. Контроль дефективности полупроводниковых кристаллов методами ЯМР.	266
Голоденко А.Б. Моделирование атомной структуры аморфного кремния.	267

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

28–29 апреля 2010 г.

Казань

В четырех томах

*Под общей редакцией
доктора физико-математических наук,
профессора Ю.Я. Петрушенко*

Том 1

Редактор издательского отдела *О.В. Ханжина*
Компьютерная верстка *О.В. Ханжина*

Подписано в печать 15.03.2010.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 18,3. Тираж 500 экз. Заказ № 3693.

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51
Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51



Тинчурин Форель Закирович (12.XII.1926–30.IX.2002) с 1976 года работал проректором Казанского филиала Московского энергетического института, а с 1985 года – ректором до 1994 года.

Ф.З. Тинчурин внес огромный вклад в разработку и совершенствование энерготехнических процессов. Им издано около 100 научных трудов, оригинальные идеи и разработки защищены 29 авторскими свидетельствами.

Заслуги Ф.З. Тинчурина были отмечены орденами «Знак почета» и Трудового Красного Знамени, почетным званием «Заслуженный работник Высшей школы Российской Федерации», Заслуженный деятель науки и техники РТ, Заслуженный энергетик ТАССР.

В память талантливого ученого, педагога и организатора высшего образования в республике Фореля Закировича Тинчурина заложена традиция проведения ежегодной конференции «Тинчуринские чтения».