

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

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

25–27 апреля 2012 г.

Казань

В четырех томах

*Под общей редакцией
кандидата технических наук
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 1

Казань 2012

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензенты:

зам. директора КФТИ Казанского НЦ РАН по научной работе,
доктор физико-математических наук, профессор *В.Ф. Тарасов*;
доктор физико-математических наук, профессор Казанского
государственного энергетического университета
А.В. Голенищев-Кутузов

М34 **Материалы докладов VII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения»** / Под общ. ред. канд. техн. наук Э.Ю. Абдуллазянова. В 4 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. – 280 с.

ISBN 978-5-89873-359-9

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

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук Э.Ю. АБДУЛЛАЗЯНОВ (гл. редактор); д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук, проф. Н.Д. ЧИЧИРОВА; д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. КОЗЛОВ; д-р полит. наук, проф. Н.М. МУХАРЯМОВ; канд. техн. наук, проф. С.Р. СИДОРЕНКО; канд. техн. наук, доц. Е.Е. КОСТЫЛЕВА

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов

ISBN 978-5-89873-359-9

© Казанский государственный
энергетический ун-т, 2012

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 621

МАГНЕТО-ТЕРМО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЗРЫВОВ И ПОЖАРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ, АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ, УСТРОЙСТВ РПН

Д.Ф. ГУБАЕВ, начальник СВЛиПС ОАО «Сетевая компания»,
проректор по инновационной деятельности КГЭУ,
к.т.н., проф., зав. кафедрой «Релейная защита и автоматизация», г. Казань

Существующие в настоящее время отечественные системы защиты трансформаторов и высоковольтного маслонаполненного электрооборудования от взрыва и пожара при коротком замыкании (КЗ) хронически не способны выполнить свою функцию. Это обусловлено тем, что объем сбрасываемого за время КЗ масла за пределы бака существенно меньше (в 4-6 раз) объема парогазовой среды (ПГС), генерируемой энергией КЗ. ПГС играет роль газодинамического поршня, сжимающего жидкость (масло) и в результате повышающего в нем давление. При этом достаточно всего лишь 0,1 литра ПГС на один кубометр масла, чтобы осредненное давление в нем поднялось на одну атмосферу.

Это создает пороговые нагрузки на стенки бака, что приводит к его разрушению (взрыву), разливу масла в окружающую среду и возникновению пожара. Реально же нагрузки еще более опасны: они носят резко волновой характер с амплитудной величиной давления в гидродинамической волне, на порядок превышающей осредненное давление, градиент давления при этом, то есть нарастание давления в единицу времени, может достигать нескольких атмосфер в миллисекунду, что делает коэффициент динамичности равным двум. Это приводит к весьма опасному явлению - вибрации стенок бака трансформатора, ускоряющему процесс его разрушения.

Одна из основных причин неэффективной работы демпферных систем - в задержке открытия (или вообще в несрабатывании) предохранительного клапана.

Почему наличие современных микропроцессорных устройств РЗА и выключателей и правильной их работы при авариях на силовых трансформаторах (АТ) не предотвращают взрыв и пожар. Причина - неудовлетворительная работа клапана.

На практике если предохранительный клапан и работает правильно нередко все кончается взрывом и пожаром (пример: блочный тр-р № 6 КТЭЦ № 3 в 2004 г.; АТ ПС 500 кВ Арзамаская в ФСК в 2010г.) Оба случая закончились пластической деформацией бака, взрывом и пожаром. При этом штатные системы пожаротушения трансформатора не спасали ситуацию.

Следует особо отметить, крайне низкую эффективность в работе систем водяного тушения пожара. Имеется очень мало примеров, когда пожар трансформатора был ликвидирован благодаря срабатыванию таких систем.

Подводя краткий итог вышеизложенного приходится констатировать: надежной отечественной системы защиты от пожаров и взрывов на силовых трансформаторах у нас нет.

В практике обеспечения защиты трансформаторов от взрыва и пожара наиболее полные исследования проведены французской компанией «SERGI». Она разработала систему защиты «TRANSFORMERPROTECTOR» (ТР), способной защитить трансформаторы от взрывов и пожаров. Система ТР (рис. 1) состоит из нескольких модулей:

1. Модуля депрессюризации (сброса давления) (2, 3)
2. Регулятора напряжения под нагрузкой (РПН) (1'),
3. Клапана защиты от ударной волны (4),
4. Модуля отделения масла и газов (5),
5. Отсечного клапана расширителя (6),
6. Модуля устранения взрывчатых газов (7) — баллона с азотом и системы трубопроводов.

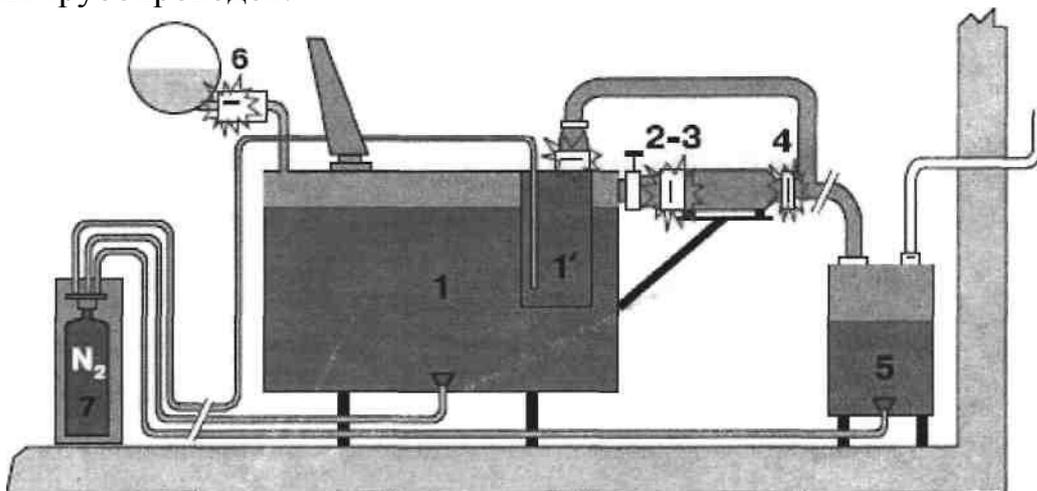


Рис. 1. Система защиты трансформаторов от взрыва и пожара

Основой системы ТР является модуль депрессюризации, включающий в себя разрывной диск (диафрагму), изолирующий вентиль и поглотитель вибрации. Как только внутри масляного бака или бака РПН достигается

критический уровень давления, модуль депрессюризации активизируется механически и автоматически, что позволяет, мгновенно сбросить давление, затем открывается клапан защиты от ударной волны, запускается модуль устранения взрывчатых газов, в результате чего смесь масла и газов поступает в бак отделения масла и газов. Отсечной клапан расширителя закрывается. Один из индикаторов модуля депрессюризации инициирует подачу азота в ряд точек трансформатора для снижения температуры масла и прекращения генерации взрывчатых газов. Взрывчатые газы из бака отделения отводятся в безопасное место, где они могут сгореть.

Модуль устранения взрывчатых газов осуществляет подачу (впрыск) азота в нижнюю часть трансформатора и РПН. Это позволяет остановить генерацию взрывчатых газов и понизит температуру масла.

Логическая схема впрыска азота предусматривает наличие двух независимых сигналов. Один из сигналов подаётся устройствами системы TRANSFORMER PROTECTOR (такими, как разрывной диск или система обнаружения пожара (датчик), а второй – системой электрической защиты трансформатора. Чтобы предотвратить впрыск азота при нормальной работе трансформатора, пульт управления блокируется в случае если только один из сигналов системы (сигнал разрывного диска, системы обнаружения пожара или системы электрической защиты) остаётся на пульте управления более 30 минут.

Выводы:

1. Существующие в настоящее время отечественные системы демпферной защиты трансформаторов (АТ) и высоковольтного маслонаполненного электрооборудования не способны предотвратить взрыв и пожар при внутренних КЗ.

2. В большинстве случаев поврежденные трансформаторы (АТ) взрывались в течение 5-50 миллисекунд после того, как давление внутри бака начинало возрастать.

3. Система пожаротушения трансформатора (АТ) не достаточно эффективна и надежна в работе.

4. Система TRANSFORMER PROTECTOR обеспечивает выравнивание давления в баке в течение нескольких миллисекунд и является наиболее эффективным средством защиты трансформаторов (АТ) и высоковольтного маслонаполненного электрооборудования от взрыв и пожаров.

УДК 621.311

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СПЕЦИФИКИ ПРИРОДЫ И СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРНОГО УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА

О.С. СИРОТКИН, зав. кафедрой МВТМ, проф., д.т.н., академик РАН,
г. Казань

Одна из наиболее важных особенностей XXI века во взаимоотношениях науки и образования заключается в том, что, не смотря на очевидный прогресс науки в отдельных отраслях знания, в образовании во взглядах на строение вещества и устройства Мироздания в целом, подчас используют давно устаревшие парадигмы. Например, типа, что «все вещества состоят из атомов», «химическая связь и химическое вещество не отличается от физического атомарного», «Периодическая система атомов Д.И. Менделеева является химической» и т.д. [1-5]. В результате, определенная часть студентов и преподавателей, к сожалению, забыли, не знают или не просто понимают, что подавляющая часть (приблизительно 90 %) энергии добываемой человечеством вырабатывается в процессе разрыва химических связей в углеводородах и топлив на их основе (газ, мазут, уголь, торф, древесина и т.д.). И это уже однозначно свидетельствует о кризисе современного образования не только в РФ, но и за рубежом. Что еще раз подтверждает правильность мысли, что мы все чаще даем школьникам и студентам *частные и избыточные эмпирические знания в ущерб фундаментальным системным и необходимым!* А поэтому опираясь на древний латинский завет: *«История учитель – учитель жизни»*, вспомним фундаментальные выводы величайших умов прошлого. В ответ на идеологию Демокрита – Дальтона и др. «все вещества состоят из атомов, спросим себя, а сами атомы из чего состоят, разве не из элементарных веществ. Или вспомним классическую фразу: *«Электрон также не исчерпаем, как и атом»*. Я уже не говорю об индивидуальности и отличиях химической связи и химического вещества от физического – атомного или элементарного. Ведь еще в 1963 году Гайтлер, развивая квантово-механические подходы к описанию химической связи, отмечал, что *«именно обмен играет в этой проблеме решающую роль»*, что позволило открыть *«второй способ взаимодействия атомов»* - химический! (первый это плюс и минус кулоновского – физического взаимодействия). А вот, например, в Казани в КФУ в сентябре 2011 года, некоторые докладчики на

Международной конференции посвященной 150-летию теории химического строения вещества А.М. Бутлерова опять позволили усомниться в ее существовании, так как, по их мнению, химическая связь с позиций физики и не существует????!!! Вот Вам пример очередной попытки редукционизма физики по отношению к химии. История повторяется Отметим, что на невозможность описания химической связи с позиций чисто квантовых механических подходов отметил и недавно в сентябре 2011 года на Международном симпозиуме по органической химии на базе КФУ профессор М. Yu. Antipin в своем докладе «The «valence stick» in organic molecules: From Butlerov to modern understanding the nature of chemical bond», причем он в на этой основе даже высказал даже сомнение в реальном существовании в химического взаимодействия в принципе????! И это происходило в Казани, в дни празднования 150 теории химического строения вещества А.М. Бутлерова и года химии в Мире? Вот уж действительно докладчик (и не он один), к нашему сожалению, попал явно не на ту конференцию, так как результаты его работы и подходы, которые он использует, не только не могут решить поставленных задач, но и противоречат самой идее конференции – развитие идей Бутлерова! Этим ученым было трудно ответить на наши такие внешне простые вопросы: как и чем, отличается молекулярное и немолекулярное химическое соединение или почему Периодическая система атомов, а не теория химического строения вещества Бутлерова и спустя 150 лет является основой для большинства «современных» учебников по химии? А может это не ошибка и не неграмотность, а продуманная провокация? Ведь этим самым они, по существу, пытаются поставить под сомнение объективность материального существования химических связей и соединений (химических веществ), как уникального природного явления, отличного, от физического явления, связанного с индивидуальным атомарным или элементарным веществом. А это противоречит не только идеям Ньютона, Ломоносова, Жерара, Бутлерова, Оствальда, Льюиса, Полинга и многих других ученых, но и, несомненно, свидетельствует о продолжающихся попытках физического редукционизма в отношении химии со стороны ученых – физиков. Это только подчеркивает сегодня актуальность следующего предостережения участника XIII Менделеевского юбилейного съезда (посвященного 150-летию со дня рождения Д.И.Менделеева, Ленинград, 23–24 мая 1984 года) профессора Г.Герца: «Химию съела физика. Еще Оствальд сражался против ньютонизации химии и говорил, что химия есть нечто вполне самостоятельное и нельзя загонять ее в ньютоновскую механику. К сожалению, механизация химии продолжается. Невольно положил начало этому Менделеев, построив зависимость свойств

элементов от атомных масс, – в его время это было неизбежно, но физика и химия – две вполне самостоятельные стороны одной материи». Но подобная идеология, продолжаемая развиваться частью научных школ в Англии, Америке, РФ и некоторых других странах не имеет реальной перспективы в виду объективной материальной разницы в структуре и свойствах объектов исследования в химии и физике. И самое главное, ошибка этих научных школ в том, что они до сих пор опираются на устаревшую идеологию 3 го этапа развития научного знания - интегрального («нужно все объединять»), в то время как в XXI веке наступил 4-й этап развития научного знания, называемый интегрально-дифференциальным. А этот этап опирается на единую материалистическую макросистему – Систему Мироздания (интегральная компонента), как совокупность индивидуальных микросистем разных уровней (дифференциальная компонента) структурной организации материи (системы атомов, химических соединений, полей, элементарных частиц и т.д.), переход между которыми определяется закономерным изменением *соотношения массы и энергии*.

В общем виде, энергия внутрискрутурного взаимодействия элементов различных уровней организации вещества и материи в целом (то есть взаимодействия или связи элементов или частиц, их составляющих), отнесенная к единице их массы (удельная энергия), уменьшается по мере роста последней. Это можно представить как [3]:

$$E / m = K ,$$

где K – коэффициент пропорциональности, учитывающий закономерный характер обратной зависимости энергии внутрискрутурного взаимодействия.

Но давайте вернемся «на Землю» и будем следовать идеологии научного материализма. В современных условиях сегодня целесообразно рассматривать строение материи, вещества и Мироздания в целом в виде разных последовательно переходящих друг в друга уровней структурной организации. А сама Система Мироздания представляется как совокупность систем разных материальных уровней структурной организации объектов ее составляющих (периодическая система атомов Д.И. Менделеева, система химических связей и соединений – СХСС, Солнечная система и т.д.), разветвленный вариант которой показан на рис.1. При этом Система Мироздания разбита на четыре группы миров (ультрамикро-, микро-, макро- и мега-) в каждом из которых существуют различные материальные объекты, различающиеся структурой, свойствами и преобладающим типом взаимодействия элементов их составляющих. То есть, если в ультрамикром мире и в начале микромира превалируют законы квантовой

механики, ядерные и электромагнитные взаимодействия, а в мегамире – законы классической механики и гравитационные взаимодействия, то в микромире на уровне химических веществ или коллоидно-дисперсных систем (10^{-9} - 10^{-7} м) все меняется. Здесь гравитационными силами можно пренебречь и наибольшее значение приобретает химическое, ван-дер-ваальсовое и водородное взаимодействие. Отметим, что размер коллоидно-дисперсных систем (10^{-9} - 10^{-7} м) как раз и отвечает интервалу наноструктурной организации вещества.



Рис. 1. Система Мироздания как совокупность микросистем разных уровней структурной организации материальных объектов (по О.С. Сироткину, вариант 2009)

Рассматривая Систему Мироздания (рис.1), мы, как обычно принято, выделяем в ней *материальные объекты* (универсальное понятие) в виде двух основных форм существования материи: *поля и вещества*. Разновидности материальных полей образуют *ультрамикромир* в Системе Мироздания, то есть мир существования материи, характеризуемой прежде всего энергией в виде поля со свойством непрерывности. А далее мы переходим в *микромир*, где материя существует в виде *вещества*. Под веществом обычно понимают индивидуальную форму существования материи, характеризуемую массой покоя, *в виде частиц*, обладающих свойством дискретности. В макро- и мегамире материальные объекты также обладают свойством дискретности, но их размер начинает резко увеличиваться. В начале *макромира* их еще можно назвать частицами и веществом (клетка крови, кристалл, минерал и т.д.). Однако с позиций человека трудно (смотри рис.1) с учетом точки отсчета от его роста (точка 0 в Системе Мироздания), назвать частицей камень или еще более объемное образование в виде тела животного, скалы, метеорита, планеты и т.д. То есть с определенного размера мы пользуемся понятием *материального или твердого тела*. Схема усложнения *частиц* вещественной материи (вещества), представляющих разные уровни его структурной организации, может быть представлена в виде строго определенной последовательности основных уровней организации материи микромира (рис. 1 и 2). Из представленной схемы (рис.2) следует, что каждому уровню вещественной формы материи соответствует своя основная частица вещества. Причем в ряду: элементарная – атомная – химическая частица (многоядерное химическое вещество) происходит их усложнение и переход количества составляющих частиц в новое качество на каждом уровне. Это выражается в специфике их природы, связи, структуры и свойств, то есть в проявлении. Что же касается *ассоциатов, агрегатов, конгломератов* и т.д., то это уровень организации материи представляется как переход к материальным системам, где индивидуальные химические вещества образуют системы (надмолекулярные соединения, немолекулярные кристаллы и их механические смеси), обеспечивающие переход от вещественной материи к *материальным телам* (рис.2). Последние имеют относительно большие размеры (приблизительно 10^{-2} м или 1 см и выше), а также элементы их составляющие могут быть объединены в материальные тела уже не только химическими или физическими связями, но и механическим взаимодействием, то есть «ограничением, налагаемым на положение элементов механической материальной системы в процессе их контакта». В результате, по нашему мнению, условной границей между *веществом и материальным телом* в рамках Системы Мироздания может

служить размер материального объекта порядка 10^{-2} м и больше. При этом важно отметить, что интервал размера частиц, начиная с 10^{-9} м (молекула сахара и т. д. 10^{-8} м - макромолекула) по 10^{-7} м (1-100 нм) характеризуется появлением понятия *дисперсной фазы*, то есть имеет межфазную границу с высокой удельной поверхностью.

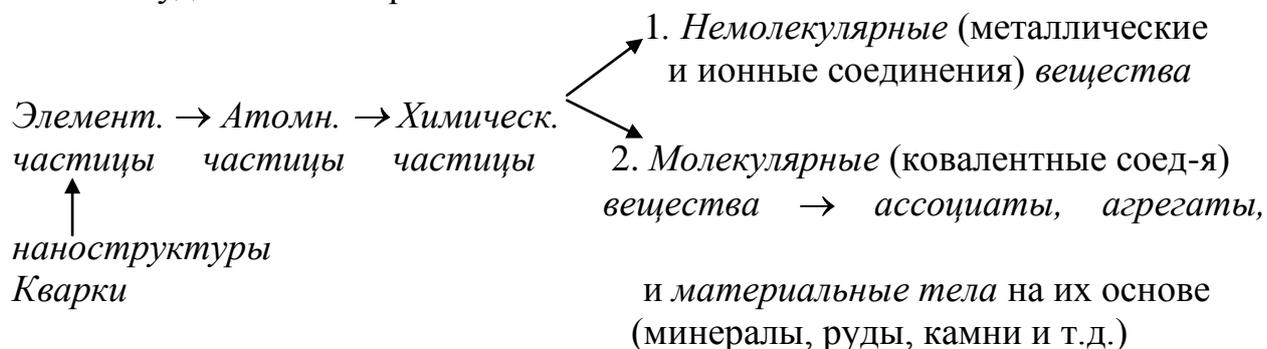


Рис. 2. Схема усложнения частиц вещественной материи

Отметим также, что к индивидуальным веществам можно отнести свободные элементарные частицы и атомы (физические вещества), молекулы или немолекулярные металлические или ионные кристаллы (химические вещества), клетку (биологическое вещество). Материальные же тела (а также ассоциаты и агрегаты индивидуальных химических соединений, коллоидно-дисперсные и наноструктурированные системы), по существу являются уже композиционными системами с границей раздела фаз, где индивидуальность элементов их составляющих сохраняется, благодаря границе раздела и скачкообразному изменению структуры и свойств при ее переходе.

Обобщение же физико-химических основ специфики природы и свойств наноструктурного уровня организации вещества позволяет сделать ряд следующих выводов.

Под *наноструктурой* сегодня будем понимать многоядерную физико-химическую систему (фазу) размером порядка 1-100 (1000) нм или $10^{-9} \leq d \leq 10^{-7}$ (10^{-6}) м (смотри рис 1) в которой число элементов внутри этой фазы (100% химически связанных) становится соизмеримым с числом элементов находящихся на поверхности (частично свободных от химической связи, в пределе стремясь к превращению в индивидуальный атом – физическое вещество). А под «*наноэффектом*», определяющем эффективность нанотехнологий, предлагается понимать результат существования в природе или конструирования структуры вещества или материала в определенном нанометровом диапазоне составляющих его частиц (элементов), обеспечивающем количественный скачок или качественно новый результат в его свойствах при неизменности его химического состава.

Первым универсальным фактором, определяющим возможность появления наноэффекта в материальных объектах следует считать стерический или размерный.

Химия коллоидно-дисперсных систем на примере коллоидных растворов уже давно показала, что появление фазы, характеризуемой межфазной границей и огромной удельной поверхностью возможно лишь на уровне частиц размером именно 1-100 нм. Причем к ней можно уже отнести и индивидуальную макромолекулу (40-80нм), но не атом!

Зависимость величины удельной поверхности от дисперсности $S_{уд} = f(d)$ графически выражается равносторонней гиперболой (рис. 3).

Из графика (рис.3) видно, что с уменьшением поперечных размеров частиц величина удельной поверхности существенно возрастает. Если кубик с размером ребра 1 см измельчить до кубических частиц с размерами $d = 10^{-6}$ см, величина общей межфазной поверхности возрастает с 6 см^2 до 600 м^2 .

При $d \leq 10^{-7}$ см гипербола обрывается, так как частицы уменьшаются до размеров отдельных молекул, и гетерогенная система становится гомогенной, в которой межфазная поверхность отсутствует. По степени дисперсности ДС делятся на:

- грубодисперсные системы, $d \geq 10^{-3}$ см;
- микрогетерогенные системы, $10^{-6} \leq d \leq 10^{-3}$ см;
- коллоидно-дисперсные системы или коллоидные растворы, $10^{-7} \leq d \leq 10^{-5}$ см;
- истинные растворы, $d \leq 10^{-7}$ см.

Необходимо подчеркнуть, что самую большую удельную поверхность имеют частицы дисперсной фазы в коллоидных растворах.

Вторым фактором следует считать специфичность материального состояния вещества находящегося в нанодиапазоне его размеров от 1 до 100 (1000) нанометров, которое можно характеризовать как *физико-химическая метастабильность*. Она заключается в том, что в этом состоянии вещество находится как бы, в промежуточном состоянии между индивидуальным атомарным – физическим и химическим. В первом случае свойства частицы (атома) определяются чисто *физическими факторами* (состав, типы связи и энергетические характеристики), а во втором, когда частица представляет собой гомо- или гетероядерное химическое (молекулярное или немоллекулярное металлическое или ионное) соединение или монокристалл, ее свойства определяются уже прежде всего *химическими факторами*. И в случае с наночастицей имеет место реализовываться промежуточное состояние вещества между физическим и химическим, так как количество химических элементов (в виде атомных остовов) лежащих внутри этой

частицы и являющихся по природе 100% химическими в этом случае становится соизмеримым с количеством элементов, находящихся на поверхности частицы.

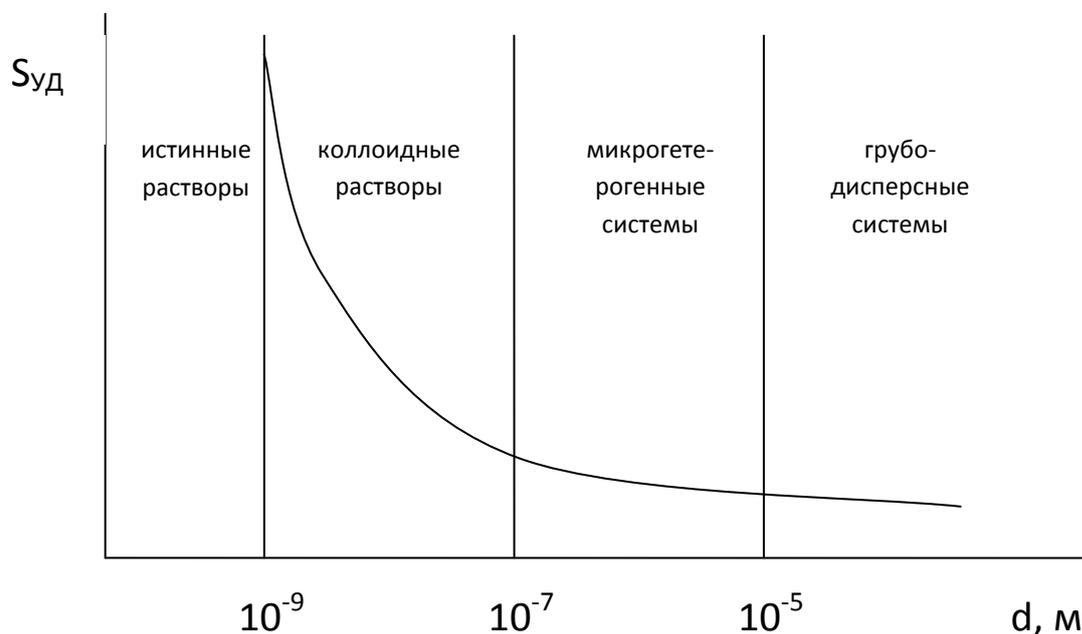


Рис. 3. Зависимость величины удельной поверхности от размеров частиц

Последние уже качественно отличаются от элементов находящихся внутри частицы, так как не являются на 100 % химически связанными, а в значительной степени свободными от химических связей, что повышает вклад в их свойства физических факторов, включая и рост их реакционной способности. В результате, именно этот баланс вклада химических и физических факторов (в определенном диапазоне) в структуру и свойства частиц вещества в интервале порядка 1-100 нм и позволяет получить технологический «наноэффект» и управлять им при создании материалов нового поколения. Отметим однако, что дальнейшее уменьшение частиц до уровня отдельных атомов уже означает переход системы в новое физическое качество, где говорить о наноэффекте не имеет смысла, так как к атому не может быть применено понятие фаза и он не может быть использован в качестве базового элемента наноструктурированной материальной системы и материала.

Третьим фактором, определяющим появление наноэффекта в материальных объектах в разном наноразмерном диапазоне частиц является его зависимость от их состава и специфики природы химической связи между ними.

Литература

1. Сироткин О.С. Интегрально-дифференциальные основы унитарной концепции естествознания (Парадигма многоуровневой организации материи как естественная основа многообразия и единства природы объектов системы Мироздания). Казань: КГЭУ. 2011. 268 с.
2. Сироткин О.С. Начала единой химии.– Казань: изд. АН РТ «Фэн», 2003. – 252 с.
3. Сироткин О.С. Химия на своем месте // Химия и жизнь. 2003, № 5. – С. 26–29.
4. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Трубочёва А.М. О необходимости и варианте учета металлической компоненты в гетероядерных связях // Журнал неорганической химии, 2005 т. 50, №1 с. 71-75
5. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия.М.: Высшая школа, 1997, 528с.

УДК 628.9

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДОСТИЖЕНИЯ
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА
СВЕТОДИОДОВ И СВЕТОДИОДНЫХ УСТРОЙСТВ**

Р.Х. ТУКШАИТОВ, д.б.н., проф., зав. кафедрой «Светотехника и медико-биологическая электроника», заслуженный деятель РТ, г. Казань

Согласно литературе объем энергопотребления в мире ежегодно возрастает. В связи с этим в последнее десятилетие ведется интенсивная работа по изысканию путей энергосбережения. Для этого разрабатываются новые источники света, технические принципы работы электрооборудования, способы эффективного сжигания топлива, способы дистанционного управления многими техническими средствами с использованием компьютерной техники. С целью комплексного энергосбережения разрабатываются и внедряются проекты, такие как «Умный дом», «Умная ТЭЦ» и др.

Сегодня на электроосвещение улиц, автомагистралей, домов, на подсветку зданий и световую рекламу затрачивается достаточно большая доля электроэнергии от общего энергопотребления – до 20 %, которая в некоторой степени определяется уровнем урбанизации и географическим положением городов. Между тем, имеются потенциальные возможности

сокращения потребления электроэнергии на освещение более, чем в 3-4 раза, при одновременном сокращении затрат на электропроводку, трансформаторные пункты и техническое обслуживание светильников, особенно с высотой их подвеса 10-12 метров. Все это свидетельствует о том, что внедрение новых светодиодных светильников может способствовать достижению значительного экономического эффекта.

Светоотдача светильников. Показателем экономичности двигателя внутреннего сгорания, электротрансформатора, турбины и тому подобных средств является их коэффициент полезного действия (КПД).

В светотехнике показателем энергоэффективности лампы, светильника, прожектора является их светоотдача, измеряемая в лм/Вт. Она характеризует то количество света светильника, которое приходится на один ватт затрачиваемый им мощности, и интегрально учитывает потери энергии как в электрической (драйвере), так и в оптической его части (отражателе, рефлекторе, рассеивателе).

Для наглядности в табл. 1 представлены приближенные значения светоотдачи и срока службы источников света разных типов.

Таблица 1

Значение светоотдачи и срока службы разных источников света*

Тип источника	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, ч
Лампа накаливания	10-13	1000
Галогенная лампа накаливания	12-16	2000-4000
Дуговая ксеноновая лампа	13	1500
Люминесцентная лампа	65-100	10000-20000
Компактная люминесцентная лампа	50-70	8000-13000
Индукционная люминесцентная лампа	80-100	60000-100000
Дуговая ртутная лампа	45-60	12000-15000
Дуговая ксеноновая лампа	50	1500
Дуговая металлогалогенная лампа	70-100	5000-10000
Дуговая натриевая лампа	100-170	15000-20000
Дуговая серная лампа (плазменная)	80	60000
Светодиоды	70-120	50000-100000

* систематизированы на основе данных каталога фирмы «Osram».

Из анализа данных табл. 1 следует, что светоотдача (светотехническое КПД) светодиодов в 10-12 раз больше, чем у ламп накаливания. Учитывая,

что световой поток светодиодов (СД) в отличие от ламп накаливания (ЛН), имеет направленный характер, то есть излучение им света происходит в телесном угле 120-180° и менее, то светодиодные светильники могут обеспечить освещенность рабочей зоны в 15-20 раз больше, чем ЛН. За счет этого затраты на электроосвещение в жилом секторе в отдельных случаях могут быть существенно снижены (в 10-15 раз).

Следует иметь в виду, что светоотдача светильника определяется качеством его разработки и бывает на 10-50 % меньше светоотдачи используемой лампы. Поэтому при оценке энергоэффективности светильника следует руководствоваться только его светоотдачей.

Вычисление светоотдачи на основе параметров, приводимых в технических характеристиках, позволяет проконтролировать энергоэффективность этих светильников. При этом следует иметь в виду, что предельное значение светоотдачи светильников на основе металлогалогенных, натриевых и светодиодных ламп в большинстве случаев не превышает 100 лм/Вт.

Замена уличных и дорожных металлогалогенных светильников на светодиодные также позволяет уменьшить энергопотребление порядка в 2 – 3 раза. При этом одновременно снижаются требования к сечению проводов кабеля, мощности трансформаторных пунктов и их количеству.

Ранее для характеристики светодиодных изделий нами было предложено использовать в качестве одного из информативных параметров – удельную цену, характеризующую стоимость 1 Вт потребляемой мощности. Ниже в табл. 2 представлен диапазон цен и удельной цены осветительное устройство (ОУ).

Таблица 2

Средние значения цены ламп и светильников разной мощности

Ценовой показатель	Мощность ламп и светильников, Вт			
	Мало-мощные	Средней мощности	Мощные	Сверхмощные
	1-10	10-50	100-150	150-2X200
Цена, руб.	100-1000	100-150	15000-20000	20000-35000
Уд. цена, руб./Вт	80-100	100-200	200-250	200-250

Из этой таблицы следует, что удельная цена светильника является достаточно стабильным параметром, который позволяет проконтролировать степень завышенности цены в прайс-листах разных производителей.

Следует иметь в виду, что темпы прогресса таковы, что светоотдача СД с каждым годом продолжает расти на 15-20 %, а себестоимость, соответственно, снижаться. На сегодня фирмы изготовители светотехнической продукции дают гарантию на изделия от 1 года до 3 лет.

Согласно нашим наработкам удовлетворительный температурный режим осветительных устройств может быть обеспечен и без радиатора при условии обеспечения значения удельной площади более 10 см²/Вт. Это может быть обеспечено за счет применения иной конструкции СДЛ и СД.

Требования к осветительным устройствам. Любое осветительное устройство должно удовлетворять основным трем требованиям:

- обеспечивать требуемую освещенность рабочей поверхности;
- иметь уровень пульсаций света в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.1.2.1.1.2585-10;
- иметь электромагнитную совместимость (ЭМС) по электромагнитным и электрическим составляющим в соответствии с требованиями ГОСТ Р51318.14.1-2006 и ГОСТ Р 51317.3.2-2006.

Согласно вышеуказанному нормативному документу коэффициент пульсации (КП) светового потока в чертежных залах должен отсутствовать, компьютерных классах – 5 %, в учебных классах – 10%, в помещениях другого назначения – 20 %.

У исследованных нами 20 типов светодиодных ламп лишь у 25 % К_п находится в пределах 1–20 %, у остальных типов ламп он находится в пределах 20–136 %.

По электромагнитной совместимости многие лампы удовлетворяют требованиям соответствующего ГОСТа. Светодиодные светильники в целом также удовлетворяют требованиям по ЭМС. Коэффициент пульсации их светового потока находится в пределах 1-5 % и в редких случаях достигает 20.

Представление технических характеристик. По издаваемым каталогам ламп и светильников достаточно трудно получить объективное и убедительное представление о них. В них нередко отсутствуют сведения о мощности или световом потоке, что в свою очередь не позволяет оценить важнейший параметр осветительного устройства – его светоотдачу. Это происходит в силу отсутствия унифицированного подхода к представлению технических характеристик СДЛ и СДС. Фирмы производители в своих информационных материалах обычно приводят 8-10, но разных параметров из 65 в них применяемых.

Производители светодиодных ламп и светильников. Что касается производителей осветительных устройств, то достоверная информация о них

отсутствует. Многие фирмы, заявляющие о себе в каталогах, как о разработчиках СДЛ, в действительности являются дилерами зарубежной продукции или осуществляют сборку СДЛ из зарубежных комплектующих, например, Калужский электромеханический завод. Достоверную систематизированную информацию о производителях СДЛ и СДС собрать пока не удается.

Заключение

Вышеизложенное позволяет прийти к заключению, что светодиодное направление в электроосвещении является новым и перспективным в отношении обеспечения существенного энергосбережения.

UDK 502.7

STUDIES OF RADON CONCENTRATION IN SOIL IN KAZAN USING THE RTM 1688-2 GEO STATION

Professor THOMAS STREIL, Germany, ANDREY DEMIDOV, KSPEU

Being the main radioactive air component in living areas, radon is one of the main causes of exposure of population to radiation. The chief reason for increasing radon concentration in houses is connected with exhalation of this gas from the soil the house is located on.

According to the federal law passed in Russia in 1995 the average annual activity of radon isotopes in the air should not exceed 100 Bqu/m³. In case its content reaches 400 Bqu/m³, the house must be demolished or used for other purposes.

We started our investigation in Kazan with the use of devices produced by the SARAD GmbH Company with the aim of revealing living zones with high radon concentration. Currently Kazan is one of the largest centres of Russia with huge investments into living houses construction. In 2013 it will host the summer Universiade with more than 30 new sports facilities to be built by that time. All this explains the importance of problem under investigation.

Radon easily travels in permeable zones of the earth crust and its concentration in the buildings depends on geological structure of the soil and first of all on concentration of its mother elements. This explains why it is so important to know geo-morphological conditions of the investigated areas when registering radon activity.

Soil in Kazan is characterized by its fragmented structure defined by alternating sequences of living houses and free land, engineering communications and asphalt pavements.

We started our investigation in Kazan with the use of RTM-1688 in summer and autumn 2010 and got the following first results: the largest radon concentrations in soil air were found at the high territories located 100-120m higher than the Volga level. Our measurements showed that the radon activity in those areas was from 3 700 to 4 600 Bqy/m³. The smallest amounts of radon concentration were revealed at the low relief areas formed by alluvial sediments on the first and second terraces of the Volga and the Kazanka rivers. On this territories the average radon concentration in soil air was 1 500 Bqu/m³. The total number of 30 measurements showed the average radon concentration in soil air in Kazan to be 2 600 Bqu/m³.

УДК 621.039

БИФУРКАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ НЕЛИНЕЙНО-ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ

С.А. ЛИВШИЦ, к.т.н., доц. кафедры «Промышленная теплоэнергетика»,
г. Казань

При течении нелинейно-вязких жидкостей под действием перепада давления при определенных условиях тепло, выделяемое за счет внутреннего трения или за счет химической реакции, не успевает отводиться в окружающую среду и приводит к прогрессивному нарастанию температуры, т.е. происходит явление [1], аналогичное тепловому взрыву в газовых системах [2].

Особый интерес представляет работа [3], где проведен бифуркационный анализ уравнения сохранения энергии, и работы [4,5] рассматривающие вопросы тепловой устойчивости.

К сожалению, анализ известных работ показал, что мало внимания уделяют задаче нахождения областей неоднозначности решений уравнения сохранения энергии.

При рассмотрении течения нелинейно-вязких жидкостей в круглой трубе необходимо рассматривать систему уравнений движения и сохранения энергии с гидродинамические условия прилипания:

$$\frac{d\tau}{dr} + \frac{\tau}{r} = \frac{dP}{dz} = const, \quad (1)$$

$$\lambda \left(\frac{d^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} \right) + \mu I_2 + Q_0 \cdot k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) = 0. \quad (2)$$

$$V|_{\partial K} = 0, \quad (3)$$

Здесь r, z – текущие координаты; T – температура; P – давление; τ – напряжение сдвига; λ, μ – коэффициенты теплопроводности и динамической вязкости; I_2 – второй инвариант тензора скоростей деформации; Q_0, k_0, E – тепловой эффект, константа скорости и энергия активации химической реакции соответственно; R – газовая постоянная.

В качестве тепловых граничных условий возможно рассмотрение граничные условия первого и третьего рода:

1. тепловые граничные условия первого рода:

$$r = r_1 \quad V = 0, \quad T = T_1 = const, \quad (4)$$

2. тепловые граничные условия третьего рода:

$$r = r_1 \quad V = 0, \quad \lambda \cdot \left(\frac{dT}{dr} \right) = -\alpha_1 (T - T_i), \quad (5)$$

Бифуркационные явления с расчетной точки зрения объясняются именно нелинейной вязкостью рассматриваемой среды [6], а с практической точки зрения возможно следующее понимание данного явления.

При некоторой начальной температуре θ_0 жидкость начинает двигаться по трубе и через определенный промежуток времени пройдя некоторое расстояние мы выходим на стационарное установившееся течение с температурой θ_1 который характеризуется определенным наборе сопутствующих параметров $\chi, \delta, \alpha, \beta, \dots$. Далее в случае некоего возмущения обусловленного внешними факторами может произойти изменение, возможно даже очень незначительное, одного или нескольких параметров. После этого течение снова становится не стационарным и рассмотрев начальный участок уже с температурой θ_1 , мы вновь получаем стационарное установившееся течение, но уже с температурой θ_2 при наборе тех же самых сопутствующих параметров.

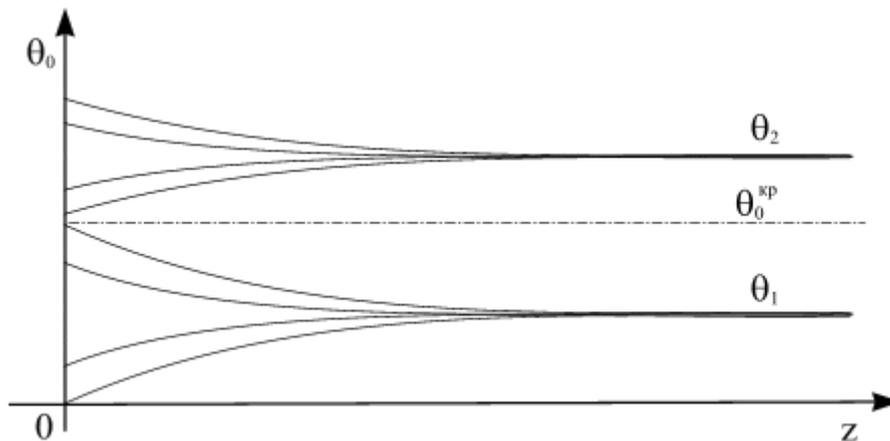


Рисунок 1. Изменение температуры по длине трубы в зависимости от температуры на входе

Литература

1. Мержанов А.Г., Дубовицкий Ф.И., Современное состояние теории теплового взрыва //Успехи химии, 1966. том 35, №4 С. 656-683
2. Семенов Н.Н. К теории процессов горения. ч. физ, 1928, т. 60, с. 272-291
3. Назмеев Ю.Г., Малов К.М., Шарапов А.Р. Бифуркационный анализ уравнения энергии движущихся вязких сред в бесконечной круглой трубе // Вести академии наук БССР Минск, 1991. № 3 С. 115-122.
4. Бондаренко Т.А. //Прикладная механика и теоретическая физика, 2002. № 3 С. 109-116
5. Уваров А.В., Осипов А.И., Рубинский Д.,В. //Теплофизика высоких температур, 2002. № 2 С. 277-284
6. Лившиц С.А., Лебедев Р.В. Аналитическое исследование на наличии бифуркации в тепломассопереносе при течении нелинейно-вязких жидкостей в трубах и каналах // Вестник Поволжья.–Саратов, 2011. - № 2–С. 8-12.

УДК. 338.012

К ВОПРОСУ О РОЛИ ПРИОРИТЕТНЫХ РИСКОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ

Р.А. ТИМОФЕЕВ, к.экон.н., доц. кафедры «Инженерный менеджмент»,
КГЭУ, г. Казань

В современных рыночных условиях региональные сетевые электроэнергетические компании, как предприятия инфраструктурного сегмента национальной экономики, подвержены государственному регулированию, находясь в сфере постоянного влияния как систематических, так и несистематических рисков. Тем не менее, практика показывает, что в основном факторы обуславливающие риск в электроэнергетической отрасли все же имеют систематический характер. Это обусловлено в первую очередь тем, что сетевые энергокомпании оказывают услуги по передаче и распределению электрической энергии, вырабатываемой генерацией. В свою очередь, в силу таких характерных особенностей электроэнергетики, как одномоментность производства, передачи и потребления электроэнергии, а так же практической невозможностью ее аккумуляции, объем произведенной энергии определяется спросом на нее, т. е. обусловлен уровнем развития региональной и соответственно национальной экономики.

Следовательно, сегодня можно с высокой степенью вероятности утверждать, что перспективы развития сетевых энергокомпаний региона определяются в первую очередь состоянием региональной экономики и темпами ее развития. Данный факт еще раз обосновывает предположения о том, что наряду с генерирующими энергокомпаниями, региональные электросетевые энергокомпании, в большей мере, чем предприятия других отраслей, подвержены систематическим рискам.

На сегодняшний день в постреформенной электроэнергетики России актуальны как традиционные, так и специфические отраслевые риски. В частности, это риски связанные с незавершенностью реформирования рынка электроэнергии, непрозрачностью финансовых потоков, не прогнозируемостью покупательной способности потребителей в различных регионах и секторах, а также неопределенностью ценового поведения поставщиков топлива. В тесной взаимосвязи с перечисленными факторами находятся и такие экономические факторы, как цены на энергоресурсы (особенно в части тарифов на услуги по передаче электроэнергии), и проводимая государством либерализация рынка электроэнергии и мощности.

Ключевыми факторами неопределенности, особенно при долгосрочном планировании и прогнозировании (что весьма актуально для инвесторов с учетом длительности инвестиционного цикла в электроэнергетике) являются цена и спрос на электроэнергию (мощность), рыночная конъюнктура (поведение конкурентов, сценарии развития инфраструктуры и смежных отраслей), аварии и ремонты.

Заметную роль играют финансовые риски, связанные, к примеру, с недостаточным опытом работы участников конкурентного рынка электроэнергии. Сделки должны быть сбалансированы в реальном времени, поскольку электроэнергия, в отличие от других энергоносителей, не может храниться на складе. Влияние на формирование спроса (цены) местных, сезонных, гидрологических условий, суточных графиков потребления так же порождает высокую степень неопределенности для участников конкурентного рынка.

В настоящее время процесс управления рисками на энергопредприятиях заключается в выявлении, анализе и оценке действующих рисков, а так же разработке и внедрении мероприятий по их устранению или минимизации. Анализ рисков, показывает, что на деятельность сетевой энергокомпании оказывают влияние как управляемые, так и неуправляемые риски. В первую группу включаются финансовые, производственные, юридические риски. Имеющееся несовершенство и незавершенность законодательной и нормативной базы электроэнерге-

тической отрасли РФ повышают уровень отраслевых рисков. И политические, и отраслевые риски являются практически неуправляемыми и, вместе с тем, оказывают, пожалуй, самое существенное влияние на результаты хозяйственной деятельности региональной сетевой энергокомпании. Данные риски являются систематическими, что не позволяет энергокомпаниям своевременно и эффективно бороться с ними.

Сегодня, сетевые энергокомпании с одной стороны, зависят от производителей электроэнергии и принимают на себя риски генерации, с другой стороны – от энергосбытовых компаний. В результате чего складывается парадоксальная ситуация, а именно сетевая энергокомпания не обладает достаточной возможностью для влияния:

- ни на объем оказываемых услуг, который определяется производителем электроэнергии, в свою очередь, зависящим от спроса потребителей;

- ни на своевременное поступление денежных средств за оказанные услуги, определяемое сбытовыми энергокомпаниями;

- ни на цену за оказываемые услуги, которая определяется государством в лице уполномоченных органов, осуществляющих регулирование тарифов. В результате чего финансово-хозяйственной деятельностью региональных сетевых энергокомпаний практически полностью определяется третьими лицами: объем услуг – производителем и продавцом электроэнергии (генерирующее и сбытовое предприятие), цена за оказываемые услуги – государством (регулирующий орган). Очевидно, что в таких условиях, эффективно управлять группой отраслевых рисков затруднительно. Сегодня в качестве превентивных мер, предпринимаемыми сетевыми энергокомпаниями для предупреждения отраслевых рисков, является проведение систематической работы с регулирующими органами с целью обоснования и последующего установления экономически обоснованных тарифов, включающих, по возможности, все экономически обоснованные затраты. Кроме того, оптимизация затрат и повышение операционной эффективности может быть достигнута в процессе реализации программы управления издержками.

Как уже отмечалось ранее, одним из наиболее значимых отраслевых рисков, оказывающих наибольшее влияние, является риск, связанный с формированием тарифов, поскольку тариф это основной, а зачастую – единственный источник средств для сетевой энергокомпании. В соответствии с п. 15 Основ ценообразования в отношении электрической и тепловой энергии в Российской Федерации, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 26.02.2004 №109 [1], при регулировании тарифов

применяются метод экономически обоснованных расходов (затрат), метод доходности инвестированного капитала и метод индексации тарифов.

При регулировании тарифов методом экономически обоснованных затрат тариф устанавливается на один год, установление долгосрочных тарифов допускается методом индексирования или методом доходности инвестированного капитала. Выбор метода регулирования по каждой организации, осуществляющей регулируемую деятельность, производится регулирующим органом. Таким образом, отраслевой риск проявляется в изменении размера прибыли в зависимости от метода регулирования тарифов на передачу электроэнергии. В связи с этим особое внимание необходимо уделять анализу этой группы рисков.

Начиная с 2009 года практически во всех сетевых электроэнергетических компаниях РФ регулирование тарифов осуществляется методом доходности инвестированного капитала, а с 2012 года в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» [2] переход на долгосрочное регулирование тарифов станет обязательным для всех сетевых энергокомпаний. Риски, связанные с переходом на регулирование тарифов методом доходности инвестированного капитала, весьма значительны и могут оказать ощутимое негативное влияние на формирование результата хозяйственной деятельности. Таким образом, наиболее вероятными и значимыми являются отраслевые риски, связанные с переходом на долгосрочное регулирование тарифов методом доходности инвестированного капитала. Вместе с тем, условия инвестирования, некие гарантии возврата вложенных средств инвестору устанавливаются только при регулировании тарифов методом доходности инвестированного капитала, другого метода, предусматривающего создание нормативных условий для участия в инвестиционной программе предприятия сторонних инвесторов в настоящее время нет. Ситуация усугубляется имеющимся до настоящего времени значительным моральным и физическим износом основных фондов сетевых электроэнергетических компаний, который вынуждает предприятия реализовывать масштабные инвестиционные программы, требующие существенные финансовые ресурсы.

Согласно действующим нормативным документам [3], размер инвестированного капитала, который учитывается при формировании необходимой валовой выручки, при первом применении метода доходности инвестированного капитала, устанавливается по результатам независимой оценки активов регулируемой компании. Это необходимо для осуществления регулируемой деятельности с учетом стоимости замещения активов организации, необходимых для осуществления регулируемой деятельности, а

также физического, морального и внешнего износа активов. В связи с этим, переход на регулирование тарифов методом доходности инвестированного капитала, в результате действий оценщиков, неизбежно сопровождается риском недооценки стоимости активов. Следовательно, величина тарифа на несколько лет долгосрочного периода регулирования может быть занижена. Цена риска – недостаток средств для реализации инвестиционной программы, и как следствие – снижение надежности энергоснабжения, повышение аварийности, увеличение травматизма, а так же ряд других негативных последствий. А учитывая, что сетевые электроэнергетические компании являются инфраструктурными предприятиями региональной экономики, вышеуказанные отраслевые специфические риски неизбежно окажут опосредованное воздействие и на другие компании – потребителей электроэнергии, да и на экономику республики в целом. Кроме того, согласно *Прогнозу социально-экономического* развития Российской Федерации на 2012 год и плановый период 2013 и 2014 годов [4], для создания относительно благоприятных условий для отечественных производителей и сдерживания роста тарифов на услуги организаций ЖКХ ужесточаются параметры роста регулируемых тарифов естественных монополий. В связи с полной либерализацией рынка электроэнергии и электрической мощности для всех категорий потребителей, кроме населения, и в неценовых зонах, во избежание всплеска цен на электроэнергию, рост регулируемых тарифов на сетевую составляющую и сбыт электроэнергии будет сдерживаться в размерах, обеспечивающих минимальную прибыль на инвестированный капитал. В среднем рост тарифов на электроэнергию для населения составит не более 10 %. В то же время предполагается принятие комплекса мер по настройке регулирования как монопольных, так и либерализованных конкурентных видов деятельности таким образом, чтобы ограничить рост издержек потребителей и сблизить в перспективе динамику цен в инфраструктурных и в конечных секторах экономики.

В ближайшей перспективе услуги по передаче электрической энергии останутся сферой государственного регулирования. При расчете прогноза изменения тарифов на данные услуги на период 2012-2014 гг. [4] будут учитываться долгосрочные параметры регулирования сетевых организаций, в отношении которых применяется метод доходности инвестированного капитала. Данная тенденция для сетевых электроэнергетических компаний является проявлением еще одного весьма важного риска – политического. Существенное влияние данного вида риска ощутили сетевые энергокомпании, ранее переведенные на регулирование тарифов на передачу электроэнергии методом доходности инвестированного капитала. Тарифы,

возросшие на 30-40 процентов после перехода на новый порядок регулирования, в 2011 году были уменьшены до уровня 15%, согласно Прогнозу социально-экономического развития России на период 2011-2013 гг.[5].

В заключении мы бы хотели отметить тот факт, что изложенные нами материалы еще раз подтверждают необходимость учета и прогнозирования рисков при осуществлении хозяйственной деятельности, инфраструктурных предприятий отечественной экономики, и в особенности это касается региональных сетевых энергокомпаний. Сегодня, в новых постреформенных условиях, для этих компаний наиболее существенными стали отраслевые риски, относящиеся к категории рисков возможности управления которыми весьма ограничены. В сложившейся ситуации сетевые энергокомпании вряд ли самостоятельно смогут найти выход, поэтому на наш взгляд принципиально важным в решении обозначенных проблем будет роль правительства РФ и Министерства энергетики, ну а пока вопрос эффективного риск-менеджмента для региональных сетевых энергокомпаний до сих пор остается актуальным и до конца не решенным.

Литература:

1. Правительство Российской Федерации. Постановление от 26 февраля 2004 г. N 109. «О ценообразовании в отношении электрической и тепловой энергии в Российской Федерации» - URL: <http://www.referent.ru/1/152260>.

2. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ «Об электроэнергетике» (с изменениями и дополнениями) - URL: <http://base.garant.ru/185656/>.

3. Приказ Федеральной службы по тарифам от 26 июня 2008 г. N 231-э г. Москва «Об утверждении Методических указаний по регулированию тарифов с применением метода доходности инвестированного капитала». - URL: <http://www.rg.ru/2008/07/11/metod-dok.html>

4. «Прогноз социально-экономического развития РФ на 2012 год и плановый период 2013 - 2014 годов». -URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/14779.html>

5. «Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2011 год и плановый период 2012 и 2013 годов». -URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=105711>

УДК 621.311

ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ ООО «НПП «ЭКРА»: ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ, ЦИФРОВАЯ ПС

В.А. Наумов, ООО НПП ЭКРА, к.т.н., зав. отделом, г. Чебоксары
Р.В. Разумов, ООО НПП ЭКРА, специалист по ПА, г. Чебоксары

Устройства противоаварийной автоматики энергосистем производства ООО «НПП «ЭКРА» представлены линейкой шкафов серии ШЭЭ 220, которые могут быть использованы в качестве локальных устройств противоаварийного управления, а также устройств управления аварийными режимами энергоузла (АВСН, АДВ, АПНУ). Применение в составе шкафа терминалов РЗА и ПА серии ЭКРА 200 позволяет реализовывать любые нетиповые проекты по индивидуальным требованиям Заказчика. Аппаратно это обеспечивается модульной архитектурой терминала, т.е. в зависимости от индивидуальных требований определяется достаточное количество аналоговых и дискретных входов, из которых и составляется терминал, а программно это обеспечивается за счет поддержки свободно-конфигурируемой логики при разработке и настройке терминалов (этим же инструментом могут быть внесены изменения в процессе эксплуатации).

Типовые решения в области ПА предлагаемые на базе шкафов серии ШЭЭ 220 на сегодняшний день представлены следующей линейкой:

1) ШЭЭ 223 0301 – шкаф линейной ПА с линейным шунтирующим реактором либо без него с функциями основного и резервного АЛАР, АОПН, УРОВ АОПН, АРПМ и АРПТ, АУЛР (рис.1.1, рис.1.2). Исполнение ШЭЭ 223 0302 с фиксацией команд с параллельной ВЛ.

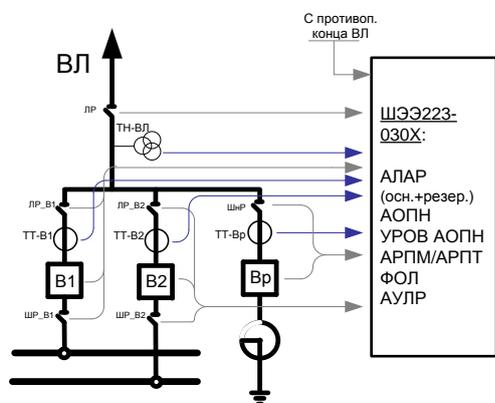


Рис. 1.1 – Структурная схема подключения ШЭЭ 223 0301 с линейным шунтирующим реактором

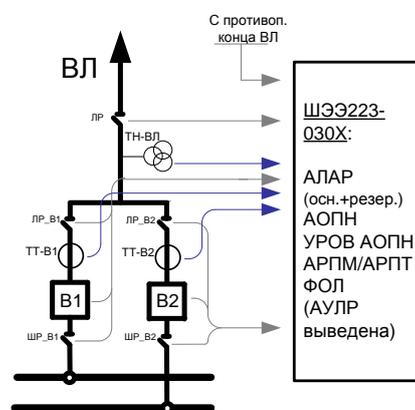


Рис. 1.2 – Структурная схема подключения ШЭЭ 223 0301 для линии без реакторов

2) ШЭЭ 223 0401 – шкаф линейной ПА с шинными шунтирующими реакторами с функциями основного и резервного АЛАР, АОПН, УРОВ АОПН, АРПМ и АРПТ, АУШР (рис.2). Исполнение ШЭЭ 223 0402 с фиксацией команд с параллельной ВЛ.

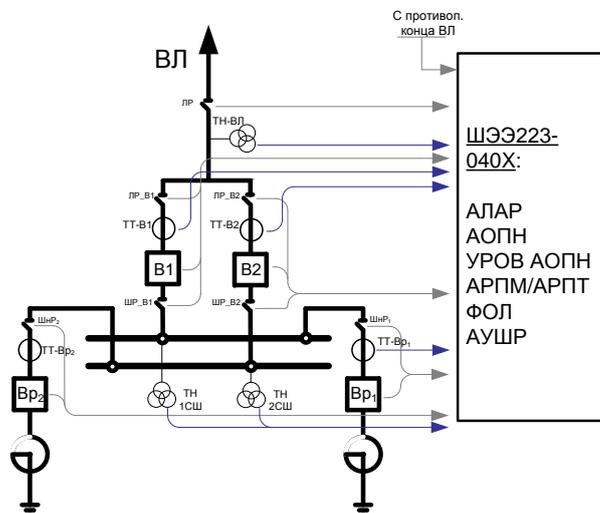


Рис. 2 - Структурная схема подключения ШЭЭ 223 0401 с шинными шунтирующим реактором

3) ШЭЭ 221 0102 – шкаф линейной ПА с функциями основной и резервной АЛАР, построенные на разных принципах, для присоединений 110кВ и выше с первичными схемами с одним выключателем на присоединение, двумя выключателями на присоединение, а также одним выключателем с обходной системой шин. Также могут быть использованы для генераторов и генераторных блоков (рис.3.1-3.2).

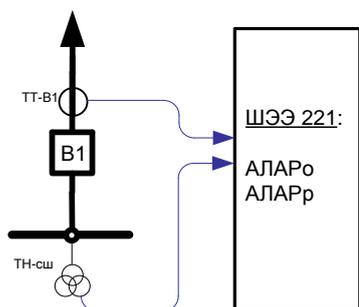


Рис. 3.1 – Структурная схема подключения ШЭЭ 221 01XX (05XX) с одним выключателем на присоединение

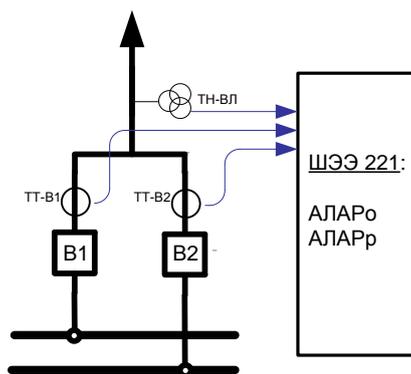


Рис. 3.2 – Структурная схема подключения ШЭЭ 221 01XX (05XX) с двумя выключателями на присоединение и линейным ТН

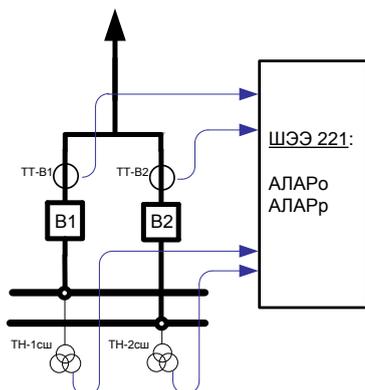


Рис. 3.3 – Структурная схема подключения ШЭЭ221-01XX (05XX) с двумя выключателями на присоединение и шинными ТН

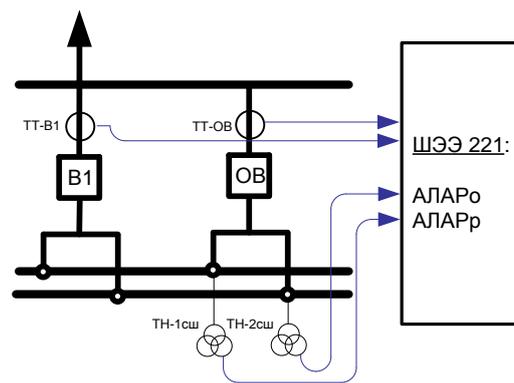


Рис. 3.4 – Структурная схема подключения ШЭЭ221-01XX (05XX) с одним выключателем на присоединение и обходной системой шин

4) ШЭЭ 221 0107 – шкаф линейной ПА с функциями АРПТ и АРПМ для присоединений 110кВ и выше с первичными схемами с одним выключателем на присоединение, двумя выключателями на присоединение, а также одним выключателем с обходной системой шин (рис.3.1-3.2).

5) ШЭЭ 221 0502 – шкаф линейной ПА с функциями основной и резервной АЛАР, построенный на разных принципах, а также фиксации отключения присоединения (ФОЛ, ФОТ, ФОБ), для присоединений 110кВ и выше с первичными схемами с одним выключателем на присоединение, двумя выключателями на присоединение, а также одним выключателем с обходной системой шин. Также могут быть использованы для генераторов и генераторных блоков (рис.3.1-3.2).

6) ШЭЭ 221 0507 – шкаф линейной ПА функциями АРПТ и АРПМ, а также с фиксацией отключения присоединения (ФОЛ, ФОТ, ФОБ), для присоединений 110кВ и выше с первичными схемами с одним выключателем на присоединение, двумя выключателями на присоединение, а также одним выключателем с обходной системой шин (рис.3.1-3.2).

7) ШЭЭ 221 0601 и ШЭЭ 221 0701 – шкафы ПА с функциями АЧР и АОСН, а также автоматического повторного включения по частоте и напряжению ЧАПВ и АПВн соответственно с блокировкой по питающему вводу. Шкафы модификации 0601 предназначены для контроля до двух систем шин или секций (рис.4.1-4.2), шкафы модификации 0701 предназначены для одновременного контроля до 4 секций (рис.5.1-5.2).

Шкафы серии ШЭЭ 221 0601 и ШЭЭ 221 0701 содержат увеличенное число ступеней АЧР и АОСН, что позволяет реализовать требуемое

количество ступеней в одном терминале, в то время как раньше требовалось 2-3 терминала.

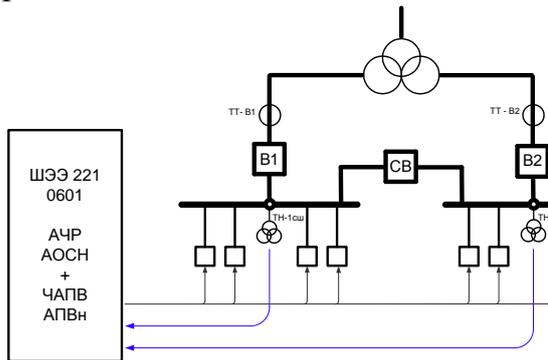


Рис. 4.1 – Структурная схема подключения ШЭЭ 221 0601 без контроля токовых вводов (общий случай)

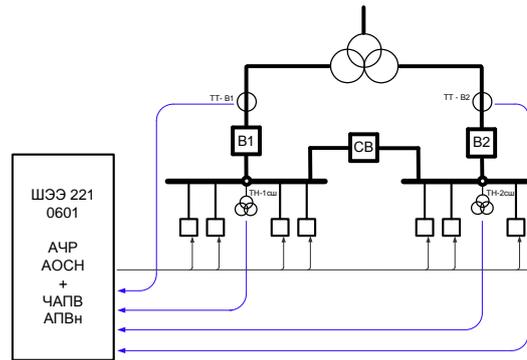


Рис. 4.2 – Структурная схема подключения ШЭЭ 221 0601 с контролем токовых вводов

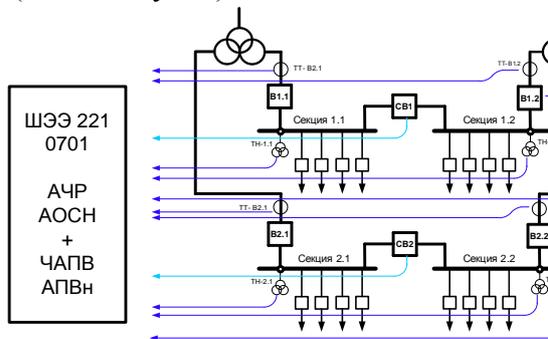


Рис. 5.1 – Структурная схема подключения ШЭЭ 221 0701 без контроля токовых вводов (общий случай)

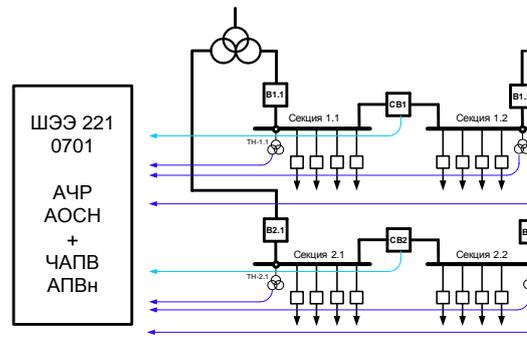


Рис. 5.2 – Структурная схема подключения ШЭЭ 221 0701 с контролем токовых вводов

Интеграция шкафов ПА в АСУ ТП осуществляется по стандартным протоколам связи ModBus RTU/TCP, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104, IEC 61850. Реализация и практическое применение стандарта IEC 61850-8-1 и IEC 61850-9-2 позволяет говорить о возможности интеграции устройств ПА и их применению в концепции создания Цифровой ПС. Работоспособность согласно стандарту IEC 61850 подтверждена ОАО “НИИПТ”, ОАО “НТЦ ФСК ЕЭС” в рамках аттестации устройств ПА, а также подтверждена совместимость работы с волоконно-оптическими преобразователями тока и напряжения (цифровыми измерительными трансформаторами) NXT Phase (пр-ва США), и ЗАО “Профотек” (пр-ва Россия).

Комплексность решений РЗА и ПА, поддержка IEC 61850-8-1 и IEC 61850-9-2, предлагаемые основные типовые решения, возможность реализации любого нетипового решения позволяют максимально

удовлетворять пожелания Заказчиков при реконструкции и строительстве новых объектов энергетики, в том числе и создания Цифровых ПС.

УДК 621.311.13

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛИБО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

И.И. НИЗАМОВ, КГЭУ, г. Казань
ОАО «Сетевая компания» ЧЭС, г. Чистополь
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф., В.Л. МАТУХИН;
канд. техн. наук Ю.А. ВАСИЛЬЕВ

В современной промышленности усложнение технологических процессов и использование средств автоматизации повышают требования к качеству электроэнергии. Одним из многих показателей качества электроэнергии, перечисленных в ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения», является провал напряжения. Провалы и исчезновения напряжения обусловлены двумя основными причинами: неисправности на смежных электрически связанных участках цепи и подключение значительных нагрузок потребителем.

С электроснабжением промышленных предприятий, имеющих непрерывные технологические процессы, связана одна общая проблема – нарушение непрерывности производства вследствие кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ).

Сложные непрерывные технологические процессы в химии, нефтехимии, нефтепереработке и т.п. отраслях успешно проходят лишь при определенных значениях температуры, давления, определенном соотношении компонентов, участвующих в химических реакциях. Поддержание этих параметров осуществляется с применением электроприемников, основной массой из которых является синхронный и асинхронный электропривод.

Перерыв питания на несколько секунд или даже на десятые доли секунды по причине неготовности электрической либо технологической частей производственного цикла может привести к нарушению непрерывного технологического процесса, браку продукции, повреждения

оборудования, может возникнуть угроза для окружающей среды, жизни людей и пр.

По свидетельству ряда научных источников, в России на предприятиях с непрерывными технологическими процессами за год происходит до 10-13 остановов производства по причине влияния КНЭ. Для минимизации ущербов от остановов необходимо выполнение инвестиционных программ, направленных на повышение надежности и повышение технологического резерва. В условиях современной рыночной экономики данный вопрос оказывается на стыке заинтересованных сторон, для разрешения которого в ту или иную сторону необходимо создание определенных технико-экономических обоснований.

Работа производственных предприятий направлена на реализацию конечной цели – получение готового продукта народного потребления. Одним из важных входных параметров в модели получения готового продукта в промышленности является электрическая энергия, активно используемая путем преобразования в другие виды энергии, с выполнением при этом технологических операций. С этой точки зрения предлагается рассматривать производственный технологический процесс как непрерывную систему (рис.1). Составляющие системы:

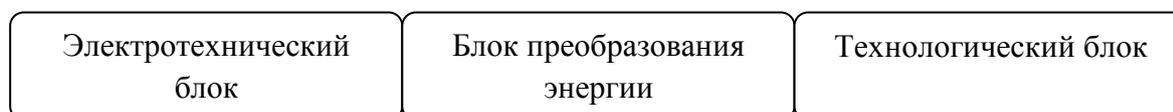


Рис.1. Модель преобразования электрической энергии в промышленности

Посредством электротехнического блока обеспечивается снабжение электрической энергией, которая, в зависимости от потребностей производства, в блоке преобразования энергии с помощью электроприемников преобразовывается в другие известные виды энергии. Использование в технологическом блоке таких видов энергии как: механическая (кинетическая и потенциальная), световая, тепловая, электромагнитная (электрическая и магнитная) и химическая (энергия связи, отнесенная к количеству вещества), позволяет достичь желаемого результата – готового продукта.

В общем случае, в результате провала напряжения (вплоть до нулевого значения) в питающей системе возникает дефицит электроэнергии, величина которого зависит от длительности и глубины провала напряжения. Посредством электроприемников указанный дефицит энергии появляется непосредственно в агрегатах и механизмах самого технологического

процесса. Для описания этого явления можно ввести параметр – энергия провала, которая определяется как объем недополученной энергии за время нарушения работы. В нормальном режиме работы в механизмах и агрегатах технологических циклов создается запас энергии, зависящий от инерционности, то есть времени, в течение которого они способны сохранить запасенную энергию электромагнитного или электростатического поля и энергоемкости – способности запасать кинетическую, тепловую энергию и т.п. Соответственно, распределение энергии провала в технологическом процессе по агрегатам и механизмам осуществляется по законам с учетом указанных характеристик.

Результирующее влияние провала напряжения на ход технологического процесса, описываемое как дефицитом электрической энергии, так и «компенсированием» этого дефицита посредством энергии процесса, рабочего тела, запасенной в нормальном режиме работы, будет определяться следующим образом:

$$\frac{W}{E} = k, \Delta$$

где ΔW – энергия провала, E – энергия, запасенная процессом в нормальном режиме, k – коэффициент, характеризующий критичность провала применительно к процессу. Очевидно, что наименьшее значение k означает меньшую чувствительность технологического процесса к провалам напряжения.

Зная ограничения по технологическому процессу с учетом характера среды в технологическом блоке, можно определить предельные значения глубины и длительности провалов напряжения, что в свою очередь, подкрепит базу для выработки эффективных методов снижения влияния факторов КНЭ на надежность электроснабжения промышленных предприятий с непрерывными технологическими циклами.

Вышеописанный подход, по нашему мнению, поможет в решении вопроса установления приоритетов технологического резервирования, путем выявления в какой части процесса – электрической или технологической эффективнее и целесообразнее применять резервирование с учетом особенностей (характеристик) влияния факторов КНЭ на непрерывность различных технологических циклов. Технико-экономическое обоснование участка технологического резервирования, основанное на комплексном анализе влияния КНЭ на циклы производства с учетом их среды и особенностей, создаст предпосылки для установления основных правил для выбора участка резервирования как для энергоснабжающих организаций, так и промышленных потребителей.

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

УДК 621.311:621.316.9

**ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКООМНОГО И ВЫСОКООМНОГО
РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ**

А.М. АБУБАКИРОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, проф. Т.В. ЛОПУХОВА

В настоящее время в России происходит процесс перехода от изолированного режима заземления нейтрали в сетях напряжением 6 и 35 кВ к новым комплектным устройствам для высокоомного или низкоомного резистивного заземления нейтрали, позволяющие устранить недостатки сети с изолированной нейтралью.

Резистивное заземление нейтрали сети заключается в преднамеренном электрическом соединении нейтрали генератора или специального заземляющего трансформатора с заземляющим устройством через активное сопротивление с целью подавления перенапряжений и феррорезонансных явлений при однофазном замыкании на землю. Применение резистивного заземления нейтрали позволяет избавиться от опасных перенапряжений и повышает быстрдействие и селективность релейной защиты.

Существуют два способа заземления нейтрали – через высокоомный или низкоомный резистор.

Главной целью высокоомного резистивного заземления нейтрали сети является ограничение дуговых перенапряжений и феррорезонансных явлений при одновременном обеспечении длительной работы сети с однофазным замыканием на землю (ОЗЗ) на время поиска и отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом. Высокоомное резистивное заземление нейтрали применяется в случаях, когда сеть должна иметь возможность длительной работы в режиме ОЗЗ до обнаружения места ОЗЗ, при этом ток должен быть такой величины, чтобы исключить появление опасных дуговых перенапряжений и снижение электробезопасности, но быть достаточным для определения повреждения работой релейной защиты на сигнал.

Главной целью низкоомного резистивного заземления нейтрали сети является быстрое отключение ОЗЗ релейной защитой и максимальный охват обмоток электрических машин (двигателей, генераторов, трансформаторов) защитой от ОЗЗ. При этом также обеспечивается подавление перенапряжений и феррорезонансных явлений. Низкоомное резистивное заземление нейтрали применяется в случаях, когда ОЗЗ должно быть селективно отключено в течение минимального времени.

УДК 621.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА НА НИЖНЕКАМСКОЙ ГЭС

Р.М. АХУНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Задача сохранения технического уровня и обеспечения надежности систем передач электроэнергии носит не только прикладной, но и стратегический характер в плане обеспечения энергетической безопасности России. Причиной многочисленных аварий в высоковольтных сетях являются различного рода перенапряжения, одной из причин являются феррорезонансные явления.

Генерирующей компанией в связи с модернизацией оборудования на Нижнекамской ГЭС и предстоящей установкой ОПН проводилось исследование возможности возникновения феррорезонанса при замене трансформатора напряжения. Наша работа выполнена в рамках этого исследования.

Были составлены схемы замещения для всего ОРУ-500 НК ГЭС и для нескольких вариантов соединений в этой схеме. Рассчитаны емкости элементов ОРУ-500. В соответствии с Методическими указаниями проведены расчеты, на основании которых сделаны выводы для каждого конкретного случая.

Проведенное исследование возможности возникновения феррорезонанса показало, что замена трансформатора напряжения на тип НАМИ не создает вероятности возникновения феррорезонансных перенапряжений.

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ УМНЫХ СЕТЕЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А.Р. АБДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. Г.А. МУРАТАЕВА

Технология Smart Grid - представляет собой систему, оптимизирующую энергозатраты, позволяющую перераспределять электроэнергию. «Интеллектуальные» сети – комплекс технических средств, позволяющий оперативно менять характеристики электрической сети. На технологическом уровне происходит объединение электрических сетей, потребителей и производителей электричества в единую автоматизированную систему, которая в реальном времени позволяет отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса.

При традиционном распределении электричества ток по проводам поступает от станции к потребителю и подается в соответствии с заранее заданным уровнем напряжения и сопротивления. Если же внедрить «интеллектуальные» сети в энергосистему, то они смогут самостоятельно регулировать подачу электроэнергии в зависимости от снижения или увеличения режима потребления.

По данным Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы (ФСК ЕЭС) введение в России «умных сетей» позволит не только уменьшить потери электроэнергии на 25 %, но и сэкономить 34-35 млрд. кВт·ч в год (в США – 2.9 млрд. кВт·ч). При нынешних ценах на электричество (1.48 руб. за кВт·ч) ежегодная экономия составит более 50 млрд. руб. В десятки раз уменьшатся выбросы в атмосферу вредных веществ, выделяющихся при сжигании топлива, использование которое также сократится.

УДК 621.316.11

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

А.А. АНТОНОВ, НИУ МЭИ, г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Ю.П. ГУСЕВ

Расширение использования в электрических сетях пофазно экранированных кабелей обуславливает необходимость разработки

уточненных методик расчета их параметров. На кафедре «Электрические станции» НИУ МЭИ была разработана методика расчета параметров схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей высоковольтных кабельных линий (КЛ) с изоляцией из сшитого полиэтилена. Установлено, что параметры схемы замещения зависят от способа заземления экранов КЛ и расположения точки короткого замыкания (КЗ) на расчётной схеме. Указанные зависимости установлены впервые, ранее в отечественных публикациях не встречались.

Так, в соответствии с рисунком 1, при внутреннем однофазном КЗ, ток в поврежденном экране распределяется между его начальным и конечным участками, токи в неповрежденных экранах меняют направление при перемещении точки КЗ из начального участка КЛ в конечный. При неучете данных факторов погрешность расчёта, в отдельных случаях, может превышать 10%.

По итогам проведенной работы даны рекомендации по учёту особенностей растекания тока по экранам КЛ, при внутренних и внешних КЗ.

Полученные результаты позволят увеличить точность расчёта токов КЗ в экранированных КЛ для оценки чувствительности релейных защит.

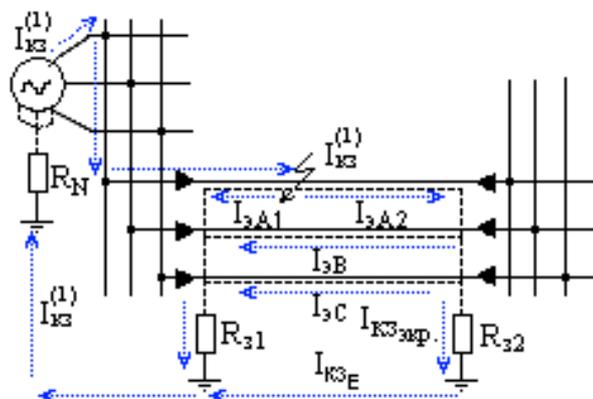


Рисунок 1 – Распределение токов в экранах КЛ при внутреннем однофазном КЗ в фазе А

УДК 621.311

СРАВНЕНИЕ ТИПОВ ОПОР ПО ВЕТРОВЫМ НАГРУЗКАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И.Р. АБДУЛВЕЛЕЕВ, Р.М. ЗИНАТУЛИН, ОГТИ (ф) ОГУ, г. Орск
Науч. рук. ст. преп. В.В. АЛЕКСАНДРОВ

В энергетике России воздушные линии электропередач (ВЛ) класса напряжения 6-10 кВ являются наиболее протяженными: их общая длина

составляет более чем два миллиона километров. В 50% случаев источниками аварийности ВЛ 6-10 кВ является повреждение опор, подавляющая часть которых выполнена из железобетонных стоек, влияющих на надежность электрических сетей. Поэтому необходимо исследования сетей 6-10 кВ с целью увеличения их надежности.

В нашем исследовании мы применили системы автоматизированного проектирования (САПР) для сравнения типов опор по механическому воздействию на них силы ветра. В САПР Компас3D нами созданы модели железобетонной опоры ПБ 10 и стальной СМ10П. Программа Компас обладает обширной библиотекой материалов, соответствующих российским стандартам, благодаря чему модели опор были наделены всеми необходимыми механическими характеристиками. Далее опоры были экспортированы в САПР SolidWorks для применения физического моделирования в приложении SimulinkExpress. Модели испытывались на механические нагрузки, соответствующие ряду стандартных нагрузок семи районов по ветру. Программа моделирует деформации опор и представляет результат в виде 3D анимации. Также SolidWorks позволяет получить цветовые диаграммы, в которых представлены области в структуре опор, испытывающие наибольшие механические напряжения, и точки, где, скорее всего, произойдет разрушение опоры.

В результате наших исследований мы выяснили, что стальная многогранная опора более надежна в эксплуатации, т.к. выдержала нагрузки в 2 раза большие, чем железобетонная. Следует учитывать, что стальные опоры более транспортабельны, монтажепригодны, качественны, долговечны и экономичны. Таким образом, в своей работе мы продемонстрировали явное преимущество многогранной стальной опоры перед железобетонной, низкую надежность последней и доказали необходимость постепенной замены железобетонных опор на стальные.

УДК 621.316

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСТРОНЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4-10 кВ

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

В статье рассмотрены вопросы эффективного применения нового электрооборудования, позволяющего решить проблему обеспечения

нормативных ПКЭ у потребителей как на стороне 10 кВ, так и на стороне 0,4 кВ. К нему можно отнести пункты автоматического регулирования напряжения (ПАРН), а также вольтодобавочные трансформаторы (ВДТ) типа ТВМГ, предназначенные к установке в сетях напряжением 0,4 кВ. Трансформаторы типа ТМ, ТМГ со специальным встроенным симметрирующим устройством нулевой последовательности (ТМСУ), позволяют снизить несимметрию напряжения в сетях 0,4 кВ.

При установке в сети 10 кВ ПАРН, обеспечивающих пофазное регулирование напряжений, можно симметрировать последние и выровнять суточный график напряжений за счет реализации на ПАРН принципа встречного регулирования напряжения, причем по каждой фазе диапазон отклонений напряжения может быть сужен до 1 %.

При ограниченном числе подстанций, где отклонения напряжения выходят за допустимые пределы, целесообразна установка ВДТ на стороне 0,4 кВ на базе трансформаторов ТВМГ.

Основное предназначение ТВМГ:

- автономное регулирование напряжения на каждой фазе;
- компенсация несимметрии фазных напряжений при несимметричных нагрузках.

Трансформаторы ТМСУ обладают способностью уменьшать токи нулевой последовательности. Обмотка симметрирующего устройства (СУ) ТМСУ, включена в рассечку нулевого провода трансформатора из расчета того, что при несимметричной нагрузке и появлении тока нулевой последовательности ток, создаваемый СУ равный по величине и направленный в противоположном направлении, компенсирует действие тока нулевой последовательности, предотвращая этим самым перекося фазных напряжений.

УДК 621.311

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В ИЗОЛЯЦИОННОМ МАСЛЕ

Т.Л. АХМЕРОВ, Д.М. ВАЛИУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. КОЗЛОВ

Надежность работы современной энергосистемы и качество электроэнергии в значительной мере обусловлены состоянием

электросилового оборудования электрических станций и подстанций. Выход из строя силового трансформатора или автотрансформатора может повлечь за собой колоссальные убытки, связанные с остановкой технологических процессов.

Известны случаи повреждения трансформаторов, причиной которых являлось загрязнение масла твердыми частицами. Наиболее опасными для изоляции являются проводящие частицы (металлы, углерод, влажные волокна и т. д.). Главными источниками образования частиц являются системы охлаждения, особенно насосы, а также процессы старения твердой изоляции и масла.

С развитием оптической лазерной техники появляется возможность точного и быстрого анализа образцов изоляционного масла.

Трансформаторное масло – прозрачная однородная жидкость, поэтому очевидно, что при освещении лазером в масляной среде частицы твердой фазы рассеивают падающее излучение. Чтобы зарегистрировать этот процесс в оптическом диапазоне, необходим достаточно мощный источник монохроматического излучения длиной волны 500-565 нм.

При размере рассеивателя $a = \lambda/4$ появляется несимметрия в сторону распространения луча. При размерах частиц $a \gg \lambda$, появляется много вторичных максимумов в угловом распределении интенсивности рассеяния. Этим объясняется необходимость высокой мощности первичного луча. Происходящее можно объяснить в рамках теории Ми, внося небольшие поправки, так как рассеяние Ми объясняет процессы, происходящие на частицах, имеющих сферическую форму.

Перспективой данной работы является математическое описание происходящих процессов и создание прибора, позволяющего определить не только размеры и формы взвешенных в масле частиц, но и их химический состав, что поможет оценить состояние изоляционного масла и помочь разобраться в процессах, протекающих при старении масляной изоляции.

УДК 621.314.4

РЕЗЕРВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОДОРОД И МЕТАНОЛ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА

Р.И. АЛМАКАЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.М. СУЛЕЙМАНОВ

В современных условиях, резервные источники питания приобретают важное значение для обеспечения энергоснабжения при аварийных ситуациях не только на электростанциях, но и на транспорте (в аэропортах, и железнодорожных вокзалах).

Основным и весьма важным достоинством аккумуляторных батарей (АБ), которые в основном используются в качестве резервных источников энергии, является то, что они относятся к независимым и надежным источникам питания, так как в аварийных и других случаях при исчезновении энергоснабжения, обеспечивают в течение необходимого времени (0,5-1,0 ч) работу релейной защиты, автоматики и других оперативных цепей.

В то же время использование АБ требует ведения специально обученным персоналом систематического мониторинга их технического состояния и периодического выполнения трудоемких работ по ремонту. Топливные элементы в отличие от АБ, которые представляют собой электрические системы с заложенным ресурсом, работают до тех пор пока в них подается горючее и окислитель.

В данной работе проведены расчеты по использованию водородно-кислородных топливных элементов и метанольных в качестве резервных источников энергии для электрических станций, а также транспортных гражданских объектов (аэропорт, вокзал). Расчеты проведены для реактора атомной электростанции мощностью 800 МВт. Определены ответственные узлы энергоблока и определена суммарная мощность энергопотребления, которая приведена в таблице.

Расчеты проведены для водородно-кислородного топливного элемента с использованием электродов фирмы Смит. Определена площадь электродов топливных элементов, которая составила 2100 мм²(последовательно) и 450 мм² (параллельно), и количество водорода и метанола необходимых для работы резервных источников тока.

УДК 621.311

ВЫБОР ОПН ДЛЯ ЛИНИЙ И ПОДСТАНЦИЙ 110-220 кВ

К.Р. БИЛАЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В стране осуществляется массовый переход к новейшим защитным аппаратам - ОПН, имеющим относительно лучшие электрические, а в ряде случаев - массогабаритные характеристики. С внедрением ОПН в некоторых сетях классов напряжения 10–220 кВ, впервые появляются активные аппаратные средства защиты от внутренних перенапряжений.

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

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

При выборе ОПН необходимо учитывать электрические и неэлектрические воздействия.

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

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

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

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

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

УДК 621.314.4

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.М. БОРИСОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Силовой трансформатор является одной из важнейших составляющих энергосистемы, определяющих надежность электроснабжения. В настоящее время в эксплуатации находится значительное число силовых трансформаторов, отработавших свой номинальный срок службы. В ближайшее десятилетие их доля будет увеличиваться.

Исследование технического состояния оборудования является предметом технической диагностики, цель которой - изучение проявлений (признаков) различных технических состояний, разработка методов их определения, а также принципов построения и использования систем диагностирования. Успешное решение задач диагностирования состояния трансформаторов может обеспечить научно обоснованная диагностическая модель.

Назначение диагностической модели заключается в определении связей между физическим состоянием изоляции, степенью её старения и стадией развития дефектов с проявлениями этого состояния в виде определенных показателей, характеристик, а также с методами выявления этих показателей и способами реализации этих методов.

Наличие развернутой, многокомпонентной диагностической модели позволит выбрать оптимальный алгоритм диагностирования, сделать сам процесс диагностирования более экономичным. Появляется возможность учитывать скорость развития дефекта, чтобы не работоспособное состояние не наступило ранее следующего контроля.

Для прогнозирования состояния силового трансформатора необходимо знание процесса изменения технических характеристик. Проводя диагностирование достаточно часто или, используя данные за длительный период, можно накопить сведения, необходимые для оценки хода и тенденций изменения параметров объекта, и при обоснованной их экстраполяции получить информацию для прогнозирования. Предлагаемая диагностическая модель позволит сделать такое заключение более обоснованным.

УДК 621.321.925

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

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

Проектирование низковольтной распределительной сети включает в себя широкий круг взаимосвязанных задач. Это разработка конфигурации сети с точки зрения обеспечения необходимого уровня надежности, определение расчетных нагрузок элементов сети и выбор оборудования, расчеты потерь напряжения в нормальных режимах и при пусках двигателей. Расчет токов коротких замыканий, выбор и проверка оборудования, проверка чувствительности защитных аппаратов и выбор их уставок, согласование защит по селективности. Одним из решений по ограничению токов короткого замыкания, обеспечению чувствительности защитных аппаратов, согласованию уставок или обеспечению допустимости потерь напряжения является изменение структуры сети. То есть задача проектирования распределительной сети является комплексной, многоплановой итерационной и требующей оптимизации, как структурной, так и параметрической.

На электрической станции большинство электроприемников имеет длительный режим работы и можно предположить, что применение экономического критерия позволит получить лучшие показатели сети при увеличенных сечениях жил кабелей. В системе собственных нужд ТЭС проектировщикам часто приходится выбирать проводники не по допустимому току, а по условиям термической стойкости или невозгорания при коротких замыканиях, что приводит к существенному увеличению сечения проводников. В этом случае оптимизация структуры сети совместно с минимизацией приведенных затрат может позволить получить существенно лучшие решения, чем традиционно применяются в настоящее время без оптимизации.

В рамках развития программного комплекса EnergyCS Электрика, для получения оптимальных решений предполагается разработать и реализовать поисковые методы оптимизации, а в качестве целевой функции может рассматриваться приведенные или дисконтированные затраты с учетом надежности.

УДК 621.314.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИИ УСТРОЙСТВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

О.Е. ВАНТЯЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Внутренняя изоляция - важнейшая часть изоляционной конструкции, в которой изолирующей средой являются жидкие, твердые или газообразные диэлектрики или их комбинации.

Целесообразность и необходимость применения внутренней изоляции из различных диэлектрических материалов обусловлено рядом причин. Во-первых, материалы для внутренней изоляции обладают значительно более высокой электрической прочностью (в 5-10 раз и более), что позволяет резко сократить изоляционные расстояния между проводниками и уменьшить габариты оборудования. Это важно с экономической точки зрения. Во-вторых, отдельные элементы внутренней изоляции выполняют функцию механического крепления проводников. В-третьих, комбинация материалов позволяет регулировать тепловыделения в электроизоляционных конструкциях.

Элементы внутренней изоляции в высоковольтных конструкциях в процессе эксплуатации подвергаются сильным электрическим, тепловым и механическим воздействиям. Под влиянием этих воздействий диэлектрические характеристики изоляции ухудшаются, изоляция “стареет” и утрачивает свою электрическую прочность.

Особая форма внешнего воздействия на внутреннюю изоляцию обусловлена контактами с окружающей средой и возможностью загрязнения и увлажнения изоляции при нарушении герметичности установки. Увлажнение изоляции ведет к резкому уменьшению сопротивления утечки и росту диэлектрических потерь.

Нами были произведены расчеты основных характеристик внутренней изоляции, а также выполнены работы по их экспериментальному измерению. В частности, в лабораторных условиях было произведено определение зависимости электрической прочности диэлектрика от температуры, которое подтверждает, что при повышении напряжения, приложенного к диэлектрику, с повышением температуры наступает потеря диэлектриком его электроизоляционных свойств с образованием токопроводящего канала высокой проводимости.

УДК 621.3.051

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСЧЁТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ КОМБИНИРОВАННЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е.С. ВЕДЕРНИКОВА, Е.М. ШИШКОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.С. ВЕДЕРНИКОВ

В современных условиях развития электрических сетей крупных городов всё более широкое применение получают схемы глубокого ввода. Возникающие при проектировании таких схем ограничения на использование территории для строительства обуславливают использование специфичных конструкций многоцепных линий (рис.1), где на траверсах одной промежуточной опоры подвешиваются проводники двух и более цепей разных классов напряжения. Проведённые исследования показали, что в ряде случаев применение таких конструкций, получивших название комбинированных воздушных линий электропередачи (КВЛ), позволяет снизить суммарное электромагнитное влияние в сравнении с традиционными

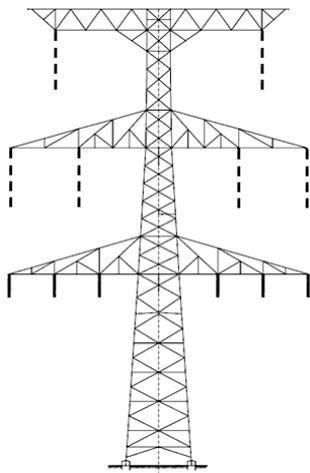


Рис. 1. Эскиз
промежуточной опоры
КВЛ 2×400 кВ (- -) +

одно- и двухцепными ЛЭП.

Однако, в подавляющем большинстве случаев при моделировании процессов в трехфазных объектах традиционным и общепринятым является допущение о внутренней симметрии. Так, например, в общеизвестном методе симметричных составляющих для расчета параметров несимметричных трехфазных режимов исходные данные, математические модели формируются на основе однофазного представления по гипотетическим симметричным эквивалентным схемам замещения конкретных последовательностей.

При широком применении современных средств оценки параметров режимов и учета электроэнергии для КВЛ очевидна несостоятельность допущений о симметрии и пренебрежении взаимными электромагнитными и электростатическими связями цепей КВЛ. Было установлено, что использование традиционных однолинейных моделей при расчёте установившихся режимов в некоторых случаях даёт погрешность до 30% в

сравнении с методом фазных координат. Это говорит о необходимости применения многопроводных моделей в расчётах установившихся режимов КВЛ.

УДК 621.316.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕСИММЕТРИИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ В ДВУХЦЕПНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е.С. ВЕДЕРНИКОВА, Е.М. ШИШКОВ, СамГТУ, г. Самара
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.С. ВЕДЕРНИКОВ

Двухцепные воздушные линии электропередачи (ДВЛ) являются специфическими объектами электрических сетей и систем электроснабжения. Поскольку расстояния между всеми проводами обеих цепей ДВЛ определяются только длинами траверс опоры, взаимная связь между ними оказывает существенное влияние не только в переходных, но и в установившихся режимах (УР), особенно при различии потоков мощностей по цепям, как по величинам, так и по направлениям.

Установившиеся режимы ДВЛ традиционно анализируются без учёта взаимного влияния соседних проводов, тросов и цепей, а также земли и принципиальной несимметрии двухцепных линий. Такой подход не позволяет расчётным путём выявить значения коэффициентов несимметрии по напряжению, являющихся одними из показателей качества электрической энергии, согласно ГОСТ 13109-97. Поэтому при решении задач проектирования вновь сооружаемых ДВЛ и разработке мероприятий по снижению несимметрии в существующих, необходимо их рассмотрение в фазных координатах.

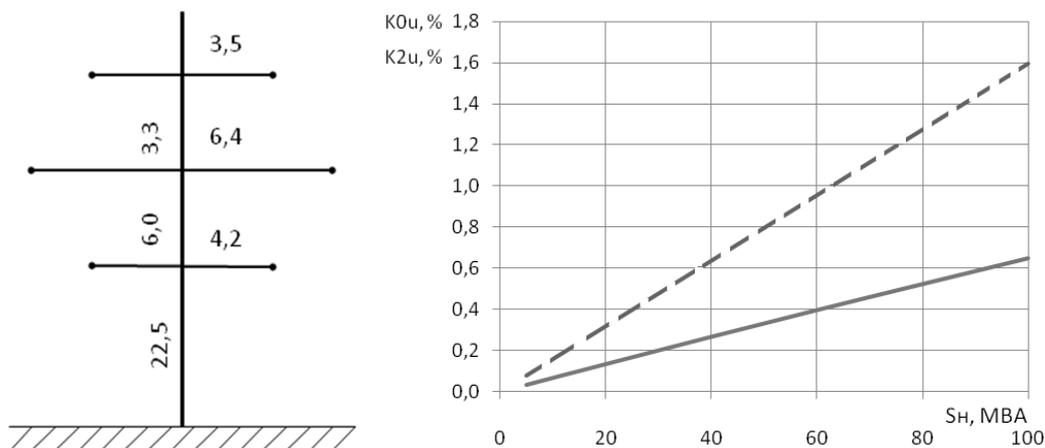


Рис. 1. Эскиз промежуточной опоры и результаты расчёта коэффициентов несимметрии по напряжению по нулевой (- -) и обратной (-) последовательности.

Проведённые расчёты несимметрии напряжения в линии 220 кВ Сызрань-I-II для различных значений мощности нагрузки в цепи (рис. 1) показали, что значения коэффициентов несимметрии в характерных режимах не превышают нормативных, однако накладывают некоторые ограничения на несимметричность нагрузки по фазам и по цепям.

УДК 621.316.13

ПРИМЕНЕНИЕ ВСТАВОК ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МЕГАПОЛИСОВ

К.С. ВЕСЕЛОВА, А.В. ГУНДАЕВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Г. ГОЛЬДШТЕЙН

Создание вставок постоянного тока (ВПТ), позволяет, помимо осуществления полного и оперативного регулирования потоками мощности в сети, организовать передачу больших объемов электроэнергии без увеличения уровня токов короткого замыкания (т.к.з.) в узлах энергосистем крупных городов. Данное техническое решение требует больших капитальных затрат по сравнению со строительством дополнительных ЛЭП переменного тока и должно рассматриваться в случае, если проектируемая передача приводит к значительному росту т.к.з. свыше 63 кА в сетях 220 кВ и выше.

Короткие замыкания сопровождаются появлением значительных токов, снижением напряжения в узлах сети и сбросом активной нагрузки генераторов электростанций. С учетом этого к токоограничивающим устройствам целесообразно предъявить следующие общие требования:

- ограничить значения токов короткого замыкания;
 - поддерживать на возможно более высоком уровне напряжение в узлах сети;
 - не оказывать существенного влияния на нормальный режим работы сети;
 - обеспечить в аварийном режиме условия, необходимые для действия релейной защиты сети;
 - иметь стабильные характеристики при изменении схемы сети.

Отсюда следует, что при токе меньшем, чем граничный ток, при котором токоограничивающее устройство должно вступить в действие или «сработать», падение напряжения в токоограничивающем устройстве должно

стремиться к нулю, потери мощности в токоограничивающем устройстве должны стремиться к минимуму, сопротивление токоограничивающего устройства должно стремиться к нулю.

В случае, если схема преобразователей ВПТ выполнена по классической двенадцатипульсной схеме, для устойчивой работы преобразователей, работающих в инверторном режиме, необходимо выполнить анализ достаточности величины мощности к.з. на шинах переменного напряжения данного преобразователя. Как правило, величина мощности КЗ должна быть как минимум в три раза выше номинальной мощности преобразователя.

УДК 621.316.13

ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МЕГАПОЛИСОВ

К.С. ВЕСЕЛОВА, А.В. ГУНДАЕВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Г. ГОЛЬДШТЕЙН

Общими чертами, определяющими проблемы энергоснабжения крупных городов, являются значительная концентрация нагрузок, усиление и усложнение электрических сетей, возрастание токов коротких замыканий (т.к.з.). Дополнительно осложняется наличием внутригородских электростанций. Наиболее простым способом снижения величин т.к.з. является секционирование сетей или их исполнение в виде радиальных схем. Это приводит к понижению показателей надежности электроснабжения и режимной управляемости, ухудшению условий восстановления напряжения после возмущений, снижению пределов устойчивости. В связи с этим для крупных городских образований необходим комплекс дополняющих друг друга мероприятий, обеспечивающих снижение уровня токов коротких замыканий при одновременном повышении показателей режимной управляемости, особенно в части регулирования напряжений и снижения потерь. При проектировании развития таких энергосистем, а также при разработке главных схем электрических соединений отдельных электростанций и подстанций необходимо проверять соответствие отключающей способности выключателей параметрам т.к.з. и анализировать технико-экономические показатели вариантов схем с различными уровнями этих токов.

Существует противоречие между снижением мощности короткого замыкания в узле энергосистемы и показателями устойчивости нагрузки или параллельной работы синхронных машин. Большая мощность короткого замыкания характеризует достаточно высокие остаточные напряжения при относительно удаленных коротких замыканиях, высокие уровни восстанавливающегося напряжения после отключения к.з. указывают на достаточную жесткость электрических связей узла, то есть на хорошие показатели устойчивости. В то же время повышение мощности к.з. приводит к превышению отключающей способности выключателей. Таким образом, любые мероприятия, снижающие уровень тока короткого замыкания, должны сопровождаться мерами, обеспечивающими регулирование напряжения и реактивной мощности в узле, поддержание напряжения при удаленных возмущениях и быстрое восстановление после близкого короткого замыкания.

УДК 621.311.42

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
СЕТЕЙ 10 кВ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОТДЕЛЕНИЯ
«ЙОШКАР-ОЛИНСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ» ФИЛИАЛ
«МАРИЭНЕРГО»**

В.С. ГУЛИН, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

ПО «Йошкар-Олинские электрические сети» осуществляют ремонт и обслуживание сетей 0,4-110 кВ в 6 районах республики Марий Эл. Общая протяженность линий электропередач 10кВ составляет: 2755,284 км.

Бесперебойное электроснабжение потребителей электроэнергии Республики Марий Эл зависит от надежности работы распределительных сетей 10 кВ, которые, по сравнению с сетями высокого и низкого напряжения, имеют большое количество аварийных отключений и повреждений.

В настоящее время распределительные электрические сети 10 кВ по технико-экономическим соображениям выполняются преимущественно на воздушных линиях (ВЛ), которые подвержены отказам, обусловленным грозовыми и внутренним перенапряжениями, механическими перегрузками при гололедно-ветровых воздействиях. Дуговые перекрытия при грозовых

перенапряжениях снижают электрическую прочность изоляции ВЛ и приводят в дальнейшем к аварийным ситуациям.

Для исследуемых распределительных сетей установлено, что наиболее слабыми элементами в сетях 10 кВ являются провод, опора, изолятор.

На наш взгляд повысить надежность сетей возможно за счет:

- Использование, вместо голых проводов типа АС, самонесущих изолированных проводов;

- Использование, вместо фарфоровых и стеклянных изоляторов, полимерных изоляторов;

- Перевод воздушных линий на кабельные линии из сшитого полиэтилена;

- Применение в качестве защиты от перенапряжений, вместо вентильных разрядников, ограничители перенапряжений.

УДК 621.311

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА И МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИИ НА УЧАСТКЕ СЕТИ ЛИНИЯ-СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР

И.Т. ГАЗИЗУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

На лабораторном стенде имеется возможность проводить лабораторные работы по изучению принципов действия различных видов релейных защит каждого элемента электрической сети по отдельности, рассматривая лишь повреждения на отдельном элементе сети. В действительности же устанавливается несколько видов релейных защит для всего подстанционного электрооборудования и сети, реагирующих на различные повреждения которые могут возникать в эксплуатации, в том числе как одновременно, так и друг за другом. Для максимального приближения к реальным условиям, проводимых на лабораторных занятиях, предлагается для проведения экспериментов совместить моделирование повреждений на различных элементах сети и изучение принципа действия применяемых от этих повреждений защит. В данном случае предлагается установка на участке источник - повышающий трансформатор – линия – нагрузка токовой защиты линии и дифференциальной защиты трансформатора.

Токовые защиты приходят в действие при увеличении тока в фазах линии сверх определенного значения. Для защиты трансформаторов от коротких замыканий КЗ между фазами, на землю и от замыканий витков одной фазы широкое распространение получила дифференциальная защита. Принцип действия дифференциальной защиты трансформаторов, основан на сравнении величины и направления токов до и после защищаемого элемента.

В результате исследовательских работ собрана объединенная первичная схема сети которая подключается к общему источнику питания, вторичные цепи релейной защиты линии и трансформатора подключаются к отдельным трансформаторам тока и компьютерам и работают независимо друг от друга, обеспечивая тем самым автономную работу защит реагирующих на повреждения только на своем защищаемом элементе. Таким образом представляется возможным одновременное изучение принципов действия защит двух смежных элементов электрической сети и их скоординированную работу, что наиболее полно приближает модель электрической сети к реальным условиям.

УДК 621.316

КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОДСТАНЦИИ 110/10 кВ

И.З. ГАЛЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Координация изоляции должна основываться на всесторонних данных о воздействующих на электрооборудование перенапряжениях, электрической прочности изоляции и экономических факторах с учетом статистического характера распределения перенапряжений и выдерживаемого изоляцией напряжения.

Практически одна сторона проблемы координации изоляции заключается в анализе факторов и условий, от которых зависят перенапряжения на зажимах электрооборудования, в выборе определенных условий в качестве основы для стандартизации уровней изоляции, в нормировании этих уровней - испытательных напряжений электрооборудования. Другая сторона проблемы — решение вопросов, возникающих в тех случаях, когда имеют место случаи воздействия перенапряжений, отличных от принятых для стандартизации. Задача заключается в изыскании дополнительных средств ограничения

перенапряжений до уровня, допустимого для стандартизованных испытательных напряжений электрооборудования. При разработке норм для электрооборудования сверхвысокого напряжения (330 кВ и выше) начальная стадия координации изоляции состояла в исследовании технических возможностей ограничения перенапряжений на основе совершенствования схем и методов защиты, а также возможностей создания электрооборудования с требуемыми параметрами.

Увеличение электрической прочности происходит за счет замены старого оборудования на новое современное, элегазовое.

Хорошие дугогасящие и изоляционные свойства элегаза позволили создать совершенно новый тип высоковольтных выключателей и распределительных устройств с великолепными характеристиками: высокая компактность, низкий уровень шумов, защита от случайных контактов с токоведущими частями и от попадания посторонних предметов благодаря металлической оболочке, а также полная пожаробезопасность.

В настоящее время существует тенденция, использовать для защиты сетей нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), которые являются прогрессивными защитными аппаратами, обладающими лучшими защитными характеристиками, чем вентильные разрядники.

Координация изоляции с использованием современных защитных аппаратов при проектировании ЭС, ПС является необходимым условием надежной работы высоковольтного оборудования. Решение данной задачи рассматривается на примере подстанции «Советская».

УДК 621.311

ОБЪЕДИНЕННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ СХЕМ АПВ И НЕСЕЛЕКТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ СОБИРАЕМАЯ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

А.Ф. ГАРАФУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Сети с малым током замыкания на землю работают с изолированной или с заземленной через дугогасящую катушку нейтралью. В таких сетях замыкание на землю одной фазы не приводит к появлению значительного тока короткого замыкания и не сопровождается при этом понижением междуфазных напряжений. Поскольку замыкания на землю не вызывают появления сверхтоков, они не отражаются на питании потребителей, не

вливают на устойчивость энергосистемы и не сопровождаются перегрузкой оборудования опасными токами. Поэтому в отличие от КЗ замыкания на землю не требуют немедленной ликвидации.

Простейшей защитой от замыкания на землю является общая неселективная сигнализация о появлении замыкания на землю без указания поврежденного участка. В данном эксперименте рассматривается сеть, работающая с изолированной нейтралью. От сети через выключатель получает питание активно-индуктивная нагрузка.

На компьютере с помощью специальной программы моделируется неселективная сигнализация от замыканий на землю, которая подает сигнал в случае появления «земли» в защищаемой сети. Сигнализация срабатывает по критерию превышения суммой фиксируемых напряжений значения заданной уставки. Далее к собранной первичной цепи были добавлены выключатели и подключены таким образом, чтобы была возможность подключения элементов к вторичным цепям позволяющим моделировать работу автоматики повторного включения. На компьютере моделируется трехфазное КЗ, после которого срабатывает автоматика повторного включения и в случае имитирования неуспешного АПВ электрическая цепь отключается релейной защитой.

Объединение автоматики и защиты позволяет наглядно демонстрировать процессы происходящие в сетях в случае аварийных ситуаций на лабораторном стенде собранной сети. Первичные схемы для моделирования работы автоматики и релейной защиты объединяются, а вторичные цепи подключаются к отдельным персональным компьютерам.

УДК 621.311

ИННОВАЦИОННЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ЭЛЕГАЗОВЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ-РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ

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

Введем в опытно-промышленную эксплуатацию инновационный высоковольтный элегазовый выключатель-разъединитель напряжением 220 кВ. Использование новых выключателей-разъединителей позволит значительно сократить площадь, занимаемую подстанциями, и отказаться от применения разъединителей на открытых распределительных устройствах

электросетевых объектов. Такая компоновка будет способствовать повышению надежности работы подстанций.

Принципиальное отличие нового оборудования заключается в том, что в одном устройстве объединены выключатель и разъединитель. Во включенном состоянии оборудование выполняет функции обычного выключателя. В отключенном состоянии – снимает напряжение с токоведущих частей и заземляет электрооборудование. Совмещение функций двух видов электросетевого оборудования будет возможным благодаря новой дугогасительной камере, характеристики которой полностью соответствуют повышенным требованиям к электрической прочности межконтактного промежутка разъединителя.

Новый выключатель-разъединитель в соответствии с отраслевыми нормами предлагаю ввести в опытно-промышленную эксплуатацию сроком на год. По итогам работы инновационного устройства будет принято решение о дальнейшем использовании аналогичного оборудования на подстанциях ОАО «ФСК ЕЭС».

УДК 621.311

СОГЛАСОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ И ТРАНСФОРМАТОРА ОТ ОДНОФАЗНЫХ И ДВУХФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

З.Р. ГИЛЯЗУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для изучения принципов действия релейных защит защищающих несколько элементов сети от однофазных и двухфазных замыканий на землю, на лабораторных стендах, предлагается совместить одновременно первичные схемы соединения изучаемой сети, а вторичные схемы питать от двух отдельных источников того же лабораторного стенда. Это позволит моделировать короткие замыкания с различным интервалом времени на разных элементах сети и изучать принципы действия соответствующих защит реагирующих только на повреждения своего элемента, обеспечивая тем самым в целом селективность релейной защиты. Так предлагается совмещение защиты от замыканий на землю в сети с большими токами на землю и токовой защиты нулевой последовательности трансформатора.

Защиты нулевой последовательности выполняются в виде токовых максимальных защит и отсечек как простых, так и направленных.

В данном эксперименте моделируется сеть с односторонним питанием, к которой через трансформатор подключены активная и индуктивная нагрузки. Короткие замыкания различных видов устраиваются в точке КЗ на шинах этих нагрузок. Около шин источника питания в каждую фазу сети включен трансформатор тока. С помощью специальной программы на компьютере моделируется защита от замыканий на землю.

Для защиты трансформатора применяется защита реагирующая на ток нулевой последовательности, появляющийся в трансформаторе при внешних коротких замыканиях КЗ (однофазных и двухфазных на землю) и КЗ в трансформаторе.

С помощью специальной программы на компьютере моделируется токовая защита нулевой последовательности, реагирующая на превышение током в нейтрали трансформатора уровня уставки. В случае срабатывания защита отключает оба выключателя.

Для собранной объединенной схемы устанавливается дополнительный трансформатор со схемой соединения треугольник-звезда. Таким образом защиты соответствующих элементов сети (линия и трансформатор) должны срабатывать при однофазных и двухфазных на землю коротких замыканиях в вышеуказанных точках, что позволит облегчить анализ действия защит смежных элементов сети.

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ГРОВОМУ СЕЗОНУ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Л.Р. ГАЗИЗОВА, А.Р. ТЕЛЯКОВА, УГАТУ, г. Уфа

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

В 2010 году доля грозových отключений воздушных линий (ВЛ) 6-110 кВ по Республике Башкортостан (РБ) составила около 25 % от общего числа отключений, по ВЛ 35 кВ этот показатель достиг 60 %. Всего в прошлом сезоне грозы стали причиной порядка 1400 нештатных ситуаций на основных сетях 6-110 кВ. Наибольшая интенсивность гроз в 2010 году наблюдалась на северо-востоке РБ (36,58 грозových часов), наименьшая – на юге (8,65 грозových часов).

Для повышения надежности и устойчивости работы электросетевого оборудования при подготовке к грозovому сезону применяют следующие

мероприятия: заземление молниезащитных тросов; применение схем размещения аппаратов защиты от перенапряжений; замена дефектных изоляторов на подстанциях и линиях; внедрение мультикамерных разрядников; установка современных типов подвесных изоляторов; применение современных грозозащитных тросов; нанесение гидрофобного покрытия на внешнюю поверхность фарфоровых покрышек электрооборудования, установленного на открытых распределительных устройствах; применение специальной линейной арматуры и др.

Авторами проведено исследование конструкций отечественных мультикамерных разрядников, применение которых в электрических сетях РБ позволит снизить стоимость строительства линий, уменьшить эксплуатационные затраты и повысить надежность электроснабжения, сведя в минимуму грозовые отключения линий электропередачи.

Сравнение конструкций показало, что для повышения надежности электросетевого оборудования при подготовке к грозовому сезону рекомендуется применение в климатических условиях РБ (интенсивная грозовая деятельность) мультикамерных разрядников типа ИРМК-20, вследствие широкого диапазона напряжений разрядника (6-500 кВ), и высокой многократности выдерживаемого импульсного тока. Также мультикамерные разрядники типа ИРМК-20 обеспечивают высокие изолирующие свойства в условия обледенения, что актуально на территории Республики Башкортостан.

УДК 621.316.925

ЗАЗЕМЛЕНИЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

С.Д. ДЖАЛГАСЫНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

ЗУ станций и подстанций служит для выполнения защитных и рабочих функций, к которым относятся: обеспечение электробезопасности, заземление нейтрали трансформаторов, шунтирующих и дугогасящих реакторов и других аппаратов высокого и низкого напряжений; создание цепи тока для защиты от замыкания на землю; отвод в землю импульсных токов с молниеотводов и разрядников; обеспечение защиты подземных конструкций от повреждения токами замыкания на землю.

Надежность выполнения перечисленных функций обеспечивается нормированием электрических характеристик ЗУ (напряжения на ЗУ,

напряжения прикосновения, сопротивления растеканию), а так же требованиями к конструктивному выполнению ЗУ.

Заземление в горных условиях имеет свои особенности, связанные с широким распространением в горах грунтов с высокими удельными электрическими сопротивлениями. Это вызывает в ряде случаев трудности в сооружении заземляющих устройств электроустановок. Как показывает опыт проектирования и эксплуатации, выбор заземляющих устройств подстанций в районах с высоким r преимущественно должен осуществляться по нормам на напряжение прикосновения.

В целом монтаж и эксплуатация ЗУ в горных условиях является весьма трудоемким, поэтому необходим целый ряд мероприятий:

1. Увеличение численности рабочего персонала.
2. Увеличение единиц транспорта для обслуживания.
3. Осуществление своевременного контроля оборудования.
4. По возможности замена физически и морально устаревшего оборудования.
5. Введение новых технологий в обслуживании ЗУ.

Все эти мероприятия нужны для надежной работы и решения проблем электроснабжения.

УДК 621.313

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д.Н. ЗАГИРОВА, УГАТУ, г. Уфа

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

Увеличение износа генерирующего оборудования электростанций является основной проблемой электроэнергетической отрасли, которая требует больших финансовых, трудовых затрат. На территориях России, объединенных в ценовые зоны, действует оптовый рынок электроэнергии и мощности. В основе рынка мощности лежат проводимые ОАО «СО ЕЭС» (системный оператор, СО) конкурентные отборы мощности (КОМ). Оплата мощности по итогам КОМ идет на поддержание генерирующих мощностей в рабочем состоянии. Выделение мощности как отдельного товара позволяет компенсировать генерирующим компаниям условно-постоянные затраты, а также обеспечить возврат инвестиций в модернизацию и строительство новых генерирующих объектов, что является необходимым в условиях сильного износа генерирующего оборудования. При этом приказом

Минэнерго № 430 от 07.09.2010 года определены технические характеристики генерирующего оборудования, которые учитываются как не соответствующие минимальным значениям технических характеристик, определяемым СО, не включаются в объем предложения на КОМ и соответственно не оплачиваются.

Автором был проведен анализ текущего состояния генерирующего оборудования электростанций европейской части России. В настоящее время функционирует значительное количество (порядка 60 %) генерирующих объектов с истекшим или подходящим к концу сроком службы. По данным СО по генерирующему оборудованию ОАО «Башкирэнерго» объем неоплаченной мощности равен 105 МВт (установленная мощность (УМ) 4 242.14 МВт), ООО «Ново-Салаватская ТЭЦ» 80 МВт (УМ 530 МВт). Наличие в энергосистеме неоплачиваемой мощности ведет к снижению надежности энергосистемы и уменьшению прибыли генерирующих организаций. Решением рассматриваемой проблемы может служить строительство новых электростанций, исходя из природных и климатических особенностей регионов страны (ГЭС, ВЭС, гибридные электростанции). Но данные проекты требуют больших финансовых затрат, вследствие этого необходимо продолжать разработку системы гарантированного возврата инвестиций.

УДК 621.313

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Р.Р. ЗАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. ЦВЕТКОВ

Асинхронный электродвигатель, электрическая асинхронная машина для преобразования электрической энергии в механическую. Принцип работы асинхронного электродвигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля, возникающего при прохождении трёхфазного переменного тока по обмоткам статора, с током, индуктированным полем статора в обмотках ротора, в результате чего возникают механические усилия, заставляющие ротор вращаться в сторону вращения магнитного поля при условии, что частота вращения ротора n_1 меньше частоты вращения поля n_1 . Таким образом, ротор совершает асинхронное вращение по отношению к полю.

Асинхронный электродвигатель благодаря простоте в производстве и надёжности в эксплуатации широко применяют в электрическом приводе. Основные недостатки асинхронный электродвигатель — ограниченный диапазон регулирования частоты вращения и значительное потребление реактивной мощности в режиме малых нагрузок. Создание регулируемых статических полупроводниковых преобразователей частоты существенно расширяет область применения асинхронный электродвигатель в автоматических регулируемых электроприводах.

В настоящее время около половины вырабатываемой электроэнергии потребляется нерегулируемыми двигателями переменного тока, среди которых значительную часть составляют мощные высоковольтные асинхронные двигатели. Регулирование скорости мощных высоковольтных асинхронных двигателей, исключение режимов прямых пусков - эффективные факторы повышения производительности рабочих механизмов, снижения эксплуатационных расходов, экономии электроэнергии. Рабочими механизмами мощных высоковольтных электроприводов являются: подъемники горной и металлургической промышленности, вентиляторы, насосы, компрессоры горной, металлургической, химической промышленности, атомной энергетики.

Актуальна задача выбора системы управления. Причем система управления должна обеспечивать достаточно высокое быстродействие, надежность и высокие энергетические характеристики привода.

УДК 621.314.4

ДИАГНОСТИКА ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПО ЕЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

И.И. ЗАКИРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Исследование технического состояния оборудования является предметом технической диагностики, цель которой - изучение проявлений (признаков) различных технических состояний, разработка методов их определения, а также принципов построения и использования систем диагностирования.

Надежность и срок службы высоковольтного оборудования во многом определяется качеством электрической изоляции.

Основной задачей диагностирования изоляции является своевременное обнаружение и поиск дефектов, определение их наличия, характера и местонахождения. Это производится путем соответствующих испытаний.

В высоковольтной лаборатории кафедры «Электрические станции» КГЭУ разработан стенд по измерению характеристик диэлектрических материалов, который позволяет определять пробивное напряжение, электрическое сопротивление, удельное объемное и поверхностное сопротивление, $\text{tg}\delta$ изоляции, а также зависимость $\text{tg}\delta$ от изменения температуры. Для стенда разрабатывается схема для измерения емкости и диэлектрических потерь на дискретных частотах от 0,1 до 1000 Гц. Для исключения влияния частоты сети и ее гармоник используется эффективная фильтрация искажающих эффектов. Измерения емкости и диэлектрических потерь в широком спектре частот (в отличие от измерений на промышленной частоте) позволяют получить большой объем информации о состоянии изоляционного материала- появляется возможность распознавания отдельных элементов и идентификации процессов старения в изоляционных материалах.

Полученные значения этих характеристик для различных материалов позволяют устанавливать зависимости измеренных величин от типа дефекта, степени их концентрации и влияния их на качество изоляции, что позволяет определять надежность и срок службы изоляционных конструкций.

УДК 621.313

МОНИТОРИНГ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Л.М. ЗАРИПОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В наши дни потребность в обеспечении эксплуатационной надежности электрооборудования настолько очевидна, что применение методов, устанавливающих образование каких-либо неисправностей в этом оборудовании, считается безусловным. Контроль технического состояния электрооборудования и выявление неисправностей с целью их удаления и обеспечения эксплуатационного ресурса достигается применением эффективных методов и средств диагностирования оборудования.

Для организации технического обслуживания необходимы средства, позволяющие оценить состояние объекта на данный момент, проследить

изменение состояния за последнее время и спрогнозировать его на ближайшее будущее – это позволяет система «Техническое Обслуживание по Фактическому Состоянию (ТОФС)». Нами рассмотрены 5 критичных параметров высоковольтного трансформатора, мониторинг которых нам необходим: температура трансформаторного масла, влагосодержание трансформаторного масла, газосодержание трансформаторного масла, влагосодержание бумаги, тангенс угла диэлектрических потерь.

Контролируя перечисленные параметры, можно с высокой достоверностью говорить о степени старения и, соответственно, сроке службы изоляции, а значит трансформатора в целом.

Установлено, что нагрузки, которые испытывает агрегат, частота перегрузок, окружающая среда, в которой он установлен – это гораздо более важные факторы, чем время. Для всех контролируемых параметров определяются так называемые «тревожные» и «аварийные» уровни сигнала. Сравнение фактического значения сигнала с установленным пороговыми значениями дает количественную оценку состояния. Упрощенно обслуживание оборудования сводится к проведению ремонтов при достижении или превышении параметрами пороговых значений.

УДК 621.311.4

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

О.И. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время значительная доля парка силовых трансформаторов, эксплуатируемых на энергопредприятиях России, отработала установленный ГОСТом 11677-85 минимальный срок службы 25 лет. Основным элементом силового трансформатора, который наиболее подвержен развитию процессов старения и фактически определяет его ресурс, является бумажная изоляция обмоток.

Деградация целлюлозной изоляции обмоток приводит к снижению механической прочности бумаги и развитию дегидратации, приводящей к местному увеличению концентрации влаги в твёрдой изоляции и снижению пробивного напряжения трансформаторного масла. Развитие процессов деградации целлюлозной изоляции в сочетании с возможным ослаблением механического закрепления обмотки ведет к возрастанию риска витковых

замыканий и повреждению трансформатора при рабочем напряжении, а также при воздействии токов короткого замыкания, грозových и коммутационных перенапряжений.

Таким образом, своевременный контроль состояния целлюлозной изоляции является необходимым условием эффективной работы силовых трансформаторов. Поэтому разработка надежных методов и средств, позволяющих правильно оценить работоспособность изоляции конкретного трансформатора на данный момент и прогнозировать ее работоспособность на будущее время, является актуальной задачей.

УДК 621.311.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ ОРУ 220 кВ

И.Ф. ИЛЬКИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. С.А. ЗИМНЯКОВ

В настоящее время проблема надежной защиты линий и подстанционного оборудования остается одной из наиболее актуальных в плане как защиты от прямых ударов молнии, так и ограничения перенапряжений, вызванных волнами, набегающими с ВЛ.

В свою очередь для совершенствования грозозащиты подстанционного оборудования предстоит провести дополнительные исследования, уточнить алгоритмы расчетов и их анализа.

Сегодня многие вопросы, которые возникают при использовании ОПН вместо вентильных разрядников, при установке ОПН на подходах линий, в случае сокращения длины тросовой защиты на подходах или полного отсутствия тросов, при эксплуатации сетей с повышенным сопротивлением заземлений опор и не находят адекватного отражения в нормативных документах.

Необходимо провести анализ ряда положений ПУЭ, уточнение или пересмотр которых смогут обеспечить более совершенную грозозащиту (молниезащиту) высоковольтных линий и подстанций.

Согласно требованиям заземляющее устройство и грозозащита подстанции должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ. Необходимо сформулировать проблемы, возникающие при анализе ряда положений ПУЭ, и соответственно обсудить возможность их уточнения или пересмотра для

повышения эффективности как защиты от прямых ударов молнии, так и для ограничения перенапряжений, вызванных волнами, набегающими с высоковольтных линий электропередачи.

Цель статьи состоит не столько в критике действующих нормативных документов, которые в целом обеспечивают надежную работу оборудования энергосистем, сколько в том, чтобы привлечь внимание к необходимости пересмотра ряда их положений с учетом опыта эксплуатации, развития теории атмосферных перенапряжений, а также массового внедрения современных защитных аппаратов и схем грозозащиты.

УДК 621.311.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СЕТЯХ 6-10 кВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И.Х. ИСЛАМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Актуальность темы заключается в том, что кратковременные нарушения электроснабжения наносят ущерб промышленным предприятиям, а они в свою очередь требуют компенсаций у энергетиков. И на сегодняшний день перед энергетиками стоит задача, как обеспечивать более высокую надежность электроснабжения и требуемый уровень напряжения. Особенно это касается для промышленных потребителей, у которых при провалах или искажениях напряжения происходит нарушение технологического процесса и брак на производстве.

Я рассчитал, насколько сильные искажения напряжения вызывают внешние возмущения на подстанции предприятия. Потом смоделировал эту сеть в программе MATLAB. Моделирование показало необходимость поддержания напряжения при возмущениях.

Одним из вариантов решения этой проблемы является применение динамического компенсатора искажения напряжения (ДКИН) на линии 6-10 кВ. Я применил динамический компенсатор искажения напряжения (6(10)) кВ, который питается от конденсаторных батарей. Динамический компенсатор искажений напряжения (6(10) кВ) регулирует напряжение нагрузки к номинальному значению, устраняя кратковременные нарушения электроснабжения. Динамический компенсатор искажения напряжения

является более дешевой и надежной альтернативой источникам бесперебойного питания (ИБП).

Новизна работы в том, что для питания динамического компенсатора я хочу использовать эту же линию, подходящую на подстанцию, что и отличает от зарубежных аналогов. И задача состоит в том, чтобы изучить, как себя поведет это устройство при запитывании его от подходящей линии. Сможет ли ДКИН регулировать напряжение не только при повреждениях на питающей линии, но и при внешних возмущениях в сети (короткое замыкание на параллельной линии или на сборных шинах высокого напряжения, асинхронный режим генератора и т.д.).

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ И ТРАНСФОРМАТОРА ОТ ОДНОФАЗНЫХ И ДВУХФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

И.Р. ИСХАКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Совмещение защит двух и более элементов сети позволит нагляднее изучить принципы действия релейных защит защищающих несколько элементов сети от однофазных и двухфазных замыканий на землю. На лабораторных стендах, предлагается совместить одновременно первичные схемы соединения изучаемой сети, а вторичные схемы питать от двух отдельных источников того же лабораторного стенда. Это позволит моделировать короткие замыкания с различным интервалом времени на разных элементах сети и изучать принципы действия соответствующих защит реагирующих только на повреждения своего элемента, обеспечивая тем самым в целом селективность релейной защиты. Так предлагается совмещение защиты от замыканий на землю в сети с большими токами на землю и токовой защиты обратной последовательности трансформатора.

Защита трансформатора обратной последовательности реагирует на ток обратной последовательности, появляющейся при несимметричных внешних коротких замыканиях и при КЗ в трансформаторе.

В данном лабораторном эксперименте моделируется сеть, состоящая из силового трансформатора, подключенного через выключатели одной своей стороной к питающей сети, а другой – к нагрузке. Короткие замыкания

любых типов можно устраивать на выводах вторичной обмотки трансформатора.

На компьютере с помощью специальной программы смоделирована токовая защита обратной последовательности трансформатора, действующая одновременно на оба выключателя. Далее в цепь сети были дополнительно включены выключатели необходимые для моделирования защиты линии нулевой последовательности. Короткие замыкания различных видов устраиваются в точке на шинах подключенных нагрузок. Около шин источника питания в каждую фазу сети включен трансформатор тока ТА. С помощью специальной программы на компьютере моделируется защита от замыканий на землю. Критерием ее запуска служит превышение суммой фиксируемых токов значения заданной уставки.

В собранной объединенной схеме устанавливается дополнительный трансформатор со схемой соединения треугольник-звезда. Таким образом защиты соответствующих элементов сети должны срабатывать при коротких замыканиях во всех точках.

УДК 621.314.4

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РЫНКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, МОЩНОСТИ И СИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ТАТАРСТАНА

А.И. ИСХАКОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ш. БИКБОВ;
канд. техн. наук Б.И. АХМЕРОВ

Цель статьи: Анализ функционирования и изучение моделей конкурентных оптовых рынков электроэнергии, мощности и системных услуг, решение ряда технологических задач, обеспечивающих надежное функционирование энергосистемы.

Анализ работы электроэнергетических предприятий показывает, что за последнее время заметно снижается их экономичность и надежность. Оборудование большинства предприятий физически и морально устарело, выработало свой ресурс. В связи с этим возрастает необходимость обеспечения надежного и бесперебойного функционирования электроэнергетической отрасли. Также в условиях конкурентных отношений появляется необходимость в более полном объеме воздействовать на режимы

методами и механизмами оперативно - диспетчерского управления для поддержания режима в допустимой области при любых изменениях. Иными словами, управление режимом энергосистемы и поддержание ее устойчивости и надежности приобретает большее значение в новых экономических условиях ее существования.

В этой связи задачи диспетчеризации по оптимальному распределению реактивной нагрузки между генерирующими и компенсирующими элементами энергосистемы, регулирование частоты, обеспечение надежности, согласование требований энергосистемы с возможностями и параметрами установленного оборудования значительно усложняются. Оптимизация решений указанных задач и является предметом магистерской диссертации.

Работа основана на теориях электромеханических переходных процессов, системного анализа, методах анализа динамических свойств энергообъединений, методах математического и цифрового моделирования. Для расчетов режимов потокораспределения ЭЭС, электромеханических переходных процессов использовались программы RASTR и Космос.

УДК 621.311

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ, ОСНОВАННОЙ НА КОНТРОЛЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ МОЩНОСТИ, В СЕТИ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

И.А. КОСТАРЕВ, ПНИПУ, г. Пермь

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

Многие виды защит в сетях 6-35 кВ с компенсированной нейтралью по своему принципу действия работают недостаточно эффективно в связи с известными свойствами такого заземления.

Как вариант, в сетях с компенсацией емкостных токов рассматривается возможность применения новой защиты от ОЗЗ, основанной на контроле пульсирующей мощности. В данной защите, в качестве сигнала на действие используется приращение пульсирующей мощности.

Необходимо было исследовать характеристики защиты от ОЗЗ, основанной на контроле пульсирующей мощности, в сетях с компенсированным заземлением нейтрали. Для этой цели была разработана модель данной защиты и сети с применением дугогасящего реактора, полученная на основе компьютерного программного обеспечения Matlab. В

частности были использованы специальные функциональные блоки прикладной программы Simulink.

По результатам моделирования, получены осциллограммы фазных и линейных напряжений сети, тока ОЗЗ, пульсирующих мощностей на поврежденной и неповрежденной линиях, а так же приращений этих мощностей. На основании полученных осциллограмм установлено, что имеется значительная разница между приращениями пульсирующих мощностей на поврежденной и неповрежденной линиях, достаточная для селективного определения поврежденной линии. Данная разница зависит от параметров сети, степени асимметрии собственных проводимостей фаз линий на землю и момента возникновения ОЗЗ. Все это означает, что защита от ОЗЗ, основанная на контроле пульсирующей мощности, будет успешно функционировать в сетях с компенсированной нейтралью.

УДК 621.314.004

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ЛЭП 500 кВ В ВЫСОКОГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Ч.Ч. КАЛМАТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Особенности проектирования и монтажа ЛЭП 500 кВ связаны с горным рельефом и соответственно с выбором специальных конструкций опор, с большим сопротивлением скальных грунтов, а также с выбором изоляции в условиях пониженного давления и разреженного воздуха. При эксплуатации и монтажа ЛЭП 500 кВ в условиях высокогорья следует принимать во внимание сложность текущей диагностики состояния линий. Расчеты показали, что для удобной эксплуатации необходимо применять стеклянный изолятор. Он является легким по весу и удобен для визуального контроля в трудно доступных местах. В высокогорье, из-за низкого давления, необходимо использовать изоляторы больших размеров.

В целом монтаж и эксплуатация ЛЭП 500 кВ в высокогорных условиях является весьма трудоемким, поэтому необходим целый ряд мероприятий:

- Увеличение численности рабочего персонала.
- Увеличение единиц транспорта для обслуживания как наземного, так и воздушного.
- Осуществление своевременного контроля оборудования.

- По возможности замена физически и морально устаревшего оборудования.

- Введение новых технологий в обслуживании ЛЭП.

Все эти мероприятия нужны для надежной работы и решения проблем электроснабжения.

УДК 621.311.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СЕТИ 10/0,4 кВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПО ДОПУСКАЕМЫМ ОТКЛОНЕНИЯМ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ 0,4 кВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

И.Ф. КАНТУГАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. доц. Н.Г. АППОЛОНОВА

В современной энергетике регулирование напряжения в сети является одним из способов, обеспечивающих качество электроэнергии, получаемой потребителем.

В Российской Федерации показатели и нормы качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трёхфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети или электроустановки потребителей устанавливаются ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Согласно ГОСТ 13109-97 нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии равны соответственно ± 5 и ± 10 % от номинального напряжения электрической сети.

Причинами отклонения значения напряжения в электроэнергетической системе являются суточные, сезонные и технологические изменения электрической нагрузки потребителей; изменение мощности генераторов и компенсирующих устройств; изменения схемы и параметров электрической сети.

Задача работы заключается в выявлении диапазонов передаваемых мощностей, длин, сечений кабелей для создания оптимального режима по допускаемым отклонениям напряжения на шинах 0,4 кВ потребителей. Такого режима можно добиться путем регулирования напряжения используя

ПБВ трансформаторов, изменением параметров сети, а также изменением величины реактивной мощности посредством установки компенсирующих устройств.

УДК 621.315.6

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Д.С. КОНДРАТЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Основным видом диагностики трансформаторного масла в настоящее время считается хроматографический контроль газов, растворенных в масле (ГХА). Все крупные энергокомпании и трансформаторостроительные фирмы широко применяют ГХА масла.

Обычно анализируется концентрация следующих растворенных в масле газов: водорода H_2 , метана CH_4 , этана C_2H_6 , этилена C_2H_4 , ацетилена C_2H_2 , оксида углерода CO , диоксида углерода CO_2 .

Уверенно с помощью ГХА выявляются такие постепенно развивающиеся дефекты, как замыкания параллельных проводников в обмотке, дефекты потенциальных соединений экранирующих колец и других деталей с образованием «плавающего» потенциала и искрения, частичные разряды между дисками или проводниками из-за загрязнения масла, дефекты болтовых соединений, скользящих и подвижных контактов, образование замкнутых контуров тока через стяжные болты с двойным заземлением сердечника, дефекты контактов избирателя РПН, дефекты межлистовой изоляции сердечника, последствия усадки обмотки в виде образования деталей с «плавающим» потенциалом.

Однако имеются быстроразвивающиеся дефекты, которые нельзя предупредить с помощью ГХА масла: мгновенно развивающиеся перекрытия с общими серьезными последствиями, перекрытия развивающиеся в течение короткого времени - от секунд до минут.

Практика показывает, что частый или еще лучше непрерывный контроль содержания газов в масле наиболее важен в первый год эксплуатации.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ МТЗ ЛИНИИ И МТЗ ТРАНСФОРМАТОРА

К.Е. КОРЯГИН, КГЭУ, г. Казань

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

В целях максимального приближения защит смежных защит изучаемых и используемых на лабораторном стенде предлагается совмещение защит разных элементов сети лабораторного стенда, в данном случае МТЗ линии и МТЗ трансформатора, что позволит моделировать ситуации возникающие на понизительных подстанциях, а также облегчить анализ последовательности работы защит смежных элементов сети. В рамках исследовательской работы предлагается провести совмещение первичных элементов цепей схем защит трансформатора и линии.

На лабораторном стенде собираются две последовательно соединенные линии, подключенные к источнику питания через трансформатор и выключатели. От шин ближней к источнику линии получает питание индуктивная нагрузка, от шин другой линии – активная нагрузка. В начале первой линии установлены трансформаторы тока и напряжения, в начале второй – только трансформатор тока. Короткие замыкания устраиваются в конце каждой из линий. Две защиты 31 и 32 моделируются на компьютере с помощью специальной программы.

Для защиты трансформатора предлагается использовать МТЗ трансформатора. Защита от внешних коротких замыканий служит для отключения трансформатора от внешних КЗ используется и для защиты от повреждения в трансформаторе. Данная защита используется в качестве резервной. Первичные цепи объединяются, вторичные цепи обеих защит в данном случае должны собираться и подключаться отдельно к двум компьютерам. После сборки первичных и вторичных цепей создаются искусственно короткие замыкания как в зоне защиты одного элемента, линии, так и зоне защиты другого – трансформатора. Защиты соответствующих элементов срабатывают.

Первичные цепи объединяются, вторичные цепи обеих защит в данном случае должны собираться и подключаться отдельно к двум компьютерам.

Данное объединение защищаемых элементов позволяет наглядно продемонстрировать работу защит трансформатора и линии.

УДК 620.90

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

А.В. КРАСНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.Н. ЗАЦАРИННАЯ

Одним из положений новой энергетической стратегии стало всемирное развитие нетрадиционных направлений. К нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии обычно относят солнечную, ветровую и геотермальную энергию, энергию морских приливов и волн, биомассы низкопотенциальную энергию окружающей среды, также принято относить еще и малые ГЭС. В целом использование НВИЭ в мире приобрело ощутимые масштабы и устойчивую тенденцию к росту.

Наибольшее применение получил самый изменчивый и непостоянный вид энергии – ветер. Второе место по объему применения занимает геотермальная энергетика, далее следует солнечная энергия. В последние годы наблюдается возрождение интереса к созданию и использованию малых ГЭС, гораздо меньше развито практическое применение приливной энергии еще менее развито – энергия морских волн. В России же практическое их применение значительно отстает от масштабов, достигнутых в других странах, несмотря на неограниченные ресурсы НВИЭ. Тормозом развития нетрадиционной энергетике, как, впрочем, и многих других направлений, является хронически неудовлетворительное состояние экономики. С выходом из кризисного экономического состояния, которое не может быть вечным, станет возможным развитие многочисленных областей промышленной, научно-технической и иной деятельности, в том числе и альтернативной энергетике. В связи с ограниченностью запасов ископаемых источников энергии задача удовлетворения нарастающих потребностей населения и промышленности в электрической и тепловой энергии в мире рост и применения этих источников энергии необратим. Россия в этом отношении исключением не является.

Таким образом, наше будущее поколение будет вынуждено перейти на возобновляемые и новые энергоисточники для устойчивого развития страны. Развитие НВИЭ обеспечат будущие поколения цивилизации экологически чистой энергией.

УДК 621.313.322-81

ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

С.Е. КУНАТОВ, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Б.И. КОСТЫЛЕВ

Важным аспектом эксплуатации турбогенераторов является контроль их рабочего состояния. Выявление возникающих в работе дефектов, их обнаружение на ранней стадии развития, а также своевременное принятие правильных решений по ликвидации дефектов до возникновения аварийной ситуации обеспечивают высокий коэффициент готовности, сокращение времени простоя, снижение затрат на ремонты, продление срока службы оборудования.

Значительные достижения последних лет в разработке систем контроля и диагностики, разнообразие новых средств и методов сделали необходимым отбор оптимального комплекса контрольно-диагностических мероприятий при эксплуатации генераторов.

В докладе производится теоретический анализ существующих методов и способов диагностики теплового состояния турбогенераторов. Современные общеприменяемые в промышленности методы диагностики в ряде случаев не могут дать объективной картины нагрева тех или иных конструктивных элементов турбогенератора. Например, отсутствие штатного теплового контроля в концевых зонах значительно осложняет диагностику. Практически была проведена оценка эффективности штатных методов теплового контроля на примере турбогенератора ТГВ-200-2МУЗ. На основе полученных результатов и сделанных выводов были сформулированы рекомендации по выбору оптимального комплекса контрольно-диагностических мероприятий. Выбранный комплекс позволил бы повысить эффективность процесса диагностики.

УДК 621.311

ОЦЕНКА МАСШТАБОВ РАЗВИТИЯ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

А.С. МУРАЧЁВ, ОАО «Энергетический институт
им. Г.М. Кржижановского», г. Москва
Науч. рук. д-р техн. наук В.А. БАРИНОВ

Тенденции развития электроэнергетики в мире связаны не только с ростом масштабов производства электроэнергии на традиционных крупных электростанциях, но и с увеличением доли распределенной генерации энергии. Эти тенденции определяются необходимостью адаптации потребителей и развития ЭЭС к рыночной неопределенности, появлением новых высокоэффективных энергетических технологий, ростом доли высококачественных видов топлива, ужесточением экологических требований, стимулирующих развитие ВИЭ при протекционистской политике государства.

Для обоснования масштабов развития распределенной генерации предлагается использовать методический подход, состоящий в использовании принципа оптимальности или принципа оптимального вхождения. С этой целью для районов концентрации мест распределенных источников электроэнергии производится оптимизация структуры этих источников и режимов их работы, готовятся характеристики эквивалентных электростанций, моделирующих в этих районах распределенные источники электроэнергии. Характеристики эквивалентных электростанций в узлах учитываются целевой функцией и осуществляется комплексная оптимизация с учетом этих электростанций.

УДК 620.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В НАМИБИИ

Р. МВАНДИНГИ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.Е. УСАЧЕВ

Одним из основных направлений альтернативной энергетики является использование энергии ветра. Энергия ветра относится к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием деятельности солнца.

В 2009 году, общее годовое потребление электроэнергии в Намибии составляло 3,6 миллиарда кВт*ч, 60 % из которых импортируется в основном из Южно-Африканской Республики (ЮАР).

В настоящее время в Намибии имеются только 3 электрические станции с общей установленной генерируемой мощностью 393 МВт: «Ruacana» ГЭС – 249 МВт, «VanEck» ТЭС – 120 МВт и «Paratus» ЭС с четырьмя дизельными генераторами – 24МВт. В последнее время спрос на электроэнергию в Намибии резко увеличился. В 2011 году Южноафриканский производитель электроэнергии Eskom, объявил, что, в связи с ростом спроса в самой ЮАР, в будущем не будет экспортировать электроэнергию в Намибию. Исходя из этого, Намибия вынуждена производить свою электроэнергию.

На основе официальных метеорологических данных мной проведена оценка ежедневных, сезонных и ежегодных моделей скорости ветра на 7 основных метеостанциях Республики Намибии. Проведен анализ суточных и годовых характеристик распределения скорости ветра и их сравнение с характеристиками ветровой нагрузки. Так же мной проведен анализ средних годовых скоростей ветра на высоте 50м. Для уяснения целесообразности размещения ветроэнергетических станций (ВЭС) мной проведены расчетные исследования объемов годовой выработки электроэнергии современными ветроэнергетическими установками.

Результат исследования показывает, что наиболее подходящими местами для размещения ВЭС являются Уолфиш-Бей и Людериц, расположенные по атлантическому побережью Намибии.

УДК 621.311.014

СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВОГО МАСЛОПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.Г. МИГРАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Срок службы более 50 % всех силовых трансформаторов значительно превышает заложенный ресурс. Для предотвращения аварийных ситуаций необходим постоянный мониторинг и плановая диагностика силовых трансформаторов. Для диагностики в настоящее время используются РД 34.45-51.300-97, которые были разработаны для эксплуатации в рамках

заложенного ресурса. С учетом изменившихся реалий возникает необходимость в корректировке существующих нормативных документов.

Для диагностики трансформаторов, отработавших заложенный ресурс, можно использовать как учащенный контроль, так и непрерывную диагностику в режиме on-line. Кроме того, необходимо вносить изменения в указанные выше РД.

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

УДК 621.316

МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОЗАПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПРОВАЛАХ НАПРЯЖЕНИЯ

Р.М. МУДАРИСОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Сохранение нормального режима работы систем электроснабжения с синхронными двигателями (СД), заключается в сохранении в работе системы возбуждения СД без гашения поля возбуждения, что реализуется внедрением быстродействующих защит. При этом при исследовании условий успешной ресинхронизации СД при нарушениях питания возникает необходимость учета влияния провалов напряжения на систему возбуждения, а также учета процессов, протекающих в них из-за наличия в остаточном напряжении апериодической составляющей.

Исследование влияния отмеченных факторов на процессы самозапуска СД при КЗ рассмотрено на примере моделирования в среде Simulink (MatLab) двигателя типа СТД-8000 со статической системой возбуждения ТЕ8-320/115, в качестве нагрузки которого принят механизм с постоянным моментом сопротивления и моментом инерции $J_{\text{ПР.МЕХ}} = 250 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Расчеты показывают, что наличие апериодической составляющей уменьшает допустимую длительность нарушения питания, при котором обеспечивается самозапуск СД. Так, при провалах напряжения до 20 % с учетом апериодической составляющей (с постоянной времени затухания

равной $T=0,02$ с и начальным значением апериодической составляющей соответствующей 60 % от уровня остаточного напряжения) двигатель выходит из синхронизма, если длительность нарушения питания составляет $\Delta t=0,189$ с, а без учета - $\Delta t=0,256$ с и более.

Оценка успешности самозапуска СД по практическим критериям [1] показала, что они не позволяют с приемлемой точностью оценить значения допустимой длительности нарушения питания. Поэтому оценка границ устойчивости СД при провалах напряжения должна производиться с учетом влияния действительного напряжения питания не только на статорную обмотку синхронного двигателя, но и на систему возбуждения, что можно реализовать с помощью компьютерного моделирования.

Литература

1. Слодарж М.И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных электродвигателей. М.: Энергия, 1977. 216 с.

УДК 621.311

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Т.А. МУСАЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время вопрос обеспечения качества электроэнергии является одним из наиболее актуальных в энергетике. Снижение качества электроэнергии приводит к отрицательным последствиям технического и технологического характера. Для предотвращения таких последствий необходимо проведение методических, организационных и технических мероприятий. Оптимизация режимов работы электроэнергетической системы относится к техническим мероприятиям.

В общем случае под оптимизацией понимается целенаправленная деятельность, направленная на получение наилучших результатов в заданных условиях. Задача оптимизации режимов работы электрических сетей подразумевает минимизацию функций многих переменных:

$$B = f(U, E, k);$$

Ограничения для переменных задаются в виде неравенств:

$$U_{\min} \leq U \leq U_{\max};$$

$$E_{\min} \leq E \leq E_{\max};$$

$$k_{\min} \leq k \leq k_{\max};$$

Один из методов решения является градиентный метод, который заключается в постепенном приближении к ответу (оптимуму) шагами в наиболее выгодном направлении с попутным учетом всех ограничений. Данный метод одновременно дает представление об эффективности изменения режима работы.

УДК 621.313.322-81

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ МОЩНОСТЕЙ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Я.В. МАКАРОВ, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Б.И. КОСТЫЛЕВ

Турбогенераторы представляют собой основной вид генерирующего оборудования, обеспечивающего свыше 80 % общего мирового объема выработки электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях. Для эксплуатации машин большое значение имеет зависимость предельно допустимых нагрузок по активной и реактивной мощностям, а также условия работы с недовозбуждением. Диаграмма мощности позволяет достаточно наглядно показать зону допустимых режимов работы турбогенератора. В настоящее время для построения диаграммы мощностей необходимо прибегнуть к сложным и дорогостоящим испытаниям машины, которые должны проводиться для каждого турбогенератора отдельно. В тоже время, широко применяемые в теории электрических машин векторные диаграммы для определения параметров машины под нагрузкой могут использоваться для графических и аналитических расчетов, отличающихся простотой и наглядностью и дающие вполне приемлемые по точности результаты как для насыщенной, так и для ненасыщенной машины.

Для реализации этих методов была разработана программа, позволяющая на основе паспортных данных турбогенератора и данных по запасу активной мощности в режиме работы с недовозбуждением рассчитать и построить график мощностей агрегата во всех режимах его работы с учетом насыщения. При этом наиболее сложной оказалась задача расчета и построения графика в режиме с недовозбуждением. Для определения точки перегиба необходимо решить уравнение четвертого порядка, что труднореализуемо. В программе используется алгоритм, позволяющий определить эту точку, не решая уравнение высшего порядка.

Построенные графики с достаточной точностью совпадают с кривыми полученными практическим путем, что позволяет использовать программу вместо дорогостоящих испытаний.

УДК 621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Ф. НУГУМАНОВА, Т.А.ТИМЕРБУЛАТОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц Н.К. ПОТАПЧУК;

доц. Т.Ю. ВОЛКОВА

В настоящее время на большинстве промышленных предприятий произошло существенное снижение объемов производства, что привело к снижению энергопотребления.

В следующей работе рассматривается приборостроительный завод (ПЗ). ПЗ представляет собой в целом компактную электроустановку, сосредоточенную на ограниченном пространстве и имеет близко расположенные центры питания (ЦП). Это обстоятельство является благоприятным фактором в плане модификации сети, с целью сокращения потребляемой электроустановкой реактивной мощности.

По приведенным данным по фактическому потреблению электроэнергии предприятием за 2007 – 2009 гг. видно, что электрическая энергия является существенным фактором в составе себестоимости выпускаемой продукции.

Анализ зимнего и летнего характерных суточных графиков нагрузки показывает, что средневзвешенный зимний суточный $\cos\varphi$ 0,83, а летний – 0,65. Все данные свидетельствуют о необходимости компенсации реактивной мощности в местах потребления в распределительной сети 0,4 кВ.

Энергетическое обследование предприятия является основой для выработки технических и технологических мер, обеспечивающих повышение эффективности использования энергии.

Обследование ПЗ показало, что в распределительной сети 6кВ основными составляющими потерь являются потери холостого хода трансформаторов. Техничко-экономический анализ позволил сформулировать технические решения, связанные с модификацией распределительных сетей с целью снижения потребляемой реактивной мощности.

Следующим техническим предложением является компенсация реактивной мощности в местах потребления с помощью конденсаторных

батарей, в частности цех в котором наблюдается достаточно стабильное потребление реактивной мощности (приблизительно 20 кВАр в рабочее время). На остальных объектах, прошедших энергетическое обследование, необходимо проведение комплекса мероприятий по выравниванию нагрузки по фазам. На ПЗ также необходимо провести комплекс организационно-технических мероприятий связанные с нормированием энергопотребления по подразделениям.

УДК 621.311.13

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ

И.И. НИЗАМОВ, КГЭУ, г. Казань
ОАО «Сетевая компания» ЧЭС, г. Чистополь
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН;
канд. техн. наук Ю.А. ВАСИЛЬЕВ

По мере усложнения технологических процессов и использования средств автоматизации в современной промышленности остается актуальной проблема, связанная с кратковременными нарушениями электроснабжения (КНЭ), при возникновении которых могут быть вызваны нарушения нормальной работы производственного процесса по причине неготовности электрической либо технологической частей производственного цикла.

Электрическая энергия активно используется в промышленности путем преобразования в другие виды энергии, с выполнением при этом технологических процессов для получения конечной продукции. С этой точки зрения предлагается рассматривать технологический процесс как непрерывную систему (рис.1), в которой электрическая энергия является одним из параметров. Составляющие системы:



Рис.1. Модель преобразования электрической энергии в технологическом цикле

Такой подход помогает установить приоритеты, в какой части процесса – электрической или технологической целесообразнее применять резервирование с учетом особенностей (характеристик) влияния факторов КНЭ на непрерывность различных технологических циклов. Техничко-

экономическое обоснование места технологического резервирования, основанное на комплексном анализе влияния КНЭ на циклы производства, создаст предпосылки для установления основных правил резервирования как для энергоснабжающих организаций, так и потребителей.

УДК 621.314.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ КАБЕЛЕЙ В COMSOL MULTIPHYSICS

А.М. НАСРЕТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

При изменении тока нагрузки или условий охлаждения кабеля температура его изменяется. Если потери в окружающую среду превышают выделение тепла, то кабель охлаждается и его температура понижается. Если же генерируемое в кабеле тепло больше отводимого, то кабель нагревается и его температура повышается. Изоляционный материал при повышении температуры выше рабочей размягчается, а при дальнейшем ее повышении плавится. Учитывая, что в кабелях на напряжение 110 кВ и выше диэлектрические потери могут привести к тепловому пробую, встает задача разработки модели, позволяющей проводить анализ тепловых характеристик силовых кабелей.

Моделирование в COMSOL Multiphysics позволяет решать системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов в одном, двух и трех измерениях. Разрабатываемая модель кабельной линии будет предоставлять возможность учитывать различные свойства материалов, источники воздействия и граничные условия.

Практическая значимость заключается в том, что в результате моделирования возможен выбор оптимальной нагрузки, наиболее подходящего материала для изоляции, предупреждение повреждения изоляции.

УДК 621.311.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СЕТИ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ДОПУСКАЕМЫМ ОТКЛОНЕНИЯМ НА ШИНАХ 10 кВ ПОДСТАНЦИЙ

И.Р. НИЗАМУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. доц. Н.Г. АППОЛОНОВА

Со времен зарождения энергетики вопрос бесперебойной подачи электроэнергии необходимого качества являлся неотъемлемой частью общей концепции электрификации. Не утратил он свою актуальность и на сегодняшний день. Особую актуальность он приобретает с учетом ситуации, сложившейся на сегодняшний момент в энергетике России. В условиях постоянно ухудшающегося технического состояния основного силового оборудования, значительная часть которого выработала свой ресурс, вероятность и частота возникновения аварийных ситуаций резко возрастает, что непременно приводит к снижению качества и надежности электроснабжения. В связи с этим вопрос отклонения напряжения на сегодняшний день очень актуален, так как является одним из главных параметров качества электроэнергии.

Отклонения напряжения от номинальных значений происходят из-за суточных, сезонных и технологических изменений электрической нагрузки потребителей; изменения мощности компенсирующих устройств; регулирования напряжения генераторами электростанций и на подстанциях энергосистем; изменения схемы и параметров электрических сетей.

По ПУЭ устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на шинах подстанций напряжением 10 кВ, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100 % номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Обеспечить эти требования можно с помощью применения специальных устройств – РПН и вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ), которые позволяют достигнуть надежности и качества электроснабжения потребителей. Установка линейных ВДТ на стороне НН трансформаторов обеспечивает регулирование напряжения в пределах $\pm 15\%$ и не требует столь больших затрат, по сравнению с реконструкцией ВЛ. ВДТ наиболее целесообразно применять в местах, где проблему поддержания величины напряжения нельзя решить другими методами.

УДК 621.311.014

ДИАГНОСТИКА ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРА СПЕКТРАЛЬНЫМ АНАЛИЗОМ ВХОДНОГО И ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

С.И. НОВИКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

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

Увеличение вероятности отказа электрооборудования, ввиду его значительного износа, делает все более актуальным вопросы повышения надежности функционирования электрических сетей и отдельных электросетевых объектов. Необходимо значительно уменьшать объем эксплуатационного и ремонтного обслуживания путём проведения ремонтов по фактическому состоянию электрооборудования.

В работе построена схема замещения трансформатора в нормальном и дефектном состоянии, найдены соответствующие передаточные функции. Для исследования были составлены амплитудно-частотные характеристики соответствующих функций.

В результате моделирования виткового замыкания было установлено, что модуль передаточной функции уменьшается во всем частотном диапазоне.

Таким образом, спектральный анализ входного и выходного напряжения позволяет проводить диагностику трансформатора под напряжением.

УДК 66.013.6:621.311

ВЫРАВНИВАНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭНЕРГОСИСТЕМ

И.А. ПОЛЯКОВ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Д. КАПУСТИН

В энергетических системах (ЭС) происходит неравномерное потребление электрической энергии по времени. Неравномерность потребления электроэнергии обуславливает неравномерный режим работы ЭЭС в целом. При этом:

- увеличиваются капиталовложения на этапе строительства;

- увеличивается стоимость выработки электроэнергии;
- повышается износ оборудования электрических станций и подстанций;
- увеличиваются величины потерь в сетях;
- снижается качество электроэнергии у потребителей;
- усложняются расчеты режима и диспетчерское управление.

В работе систематизированы и представлены способы административного и экономического стимулирования выравнивания графика электрических нагрузок потребителей, а также типы и сравнительный анализ мобильных электростанций для заполнения пиковых частей графика – снижения неравномерности режима работы отдельных частей ЭС.

Проблема неравномерности графиков нагрузки была рассмотрена на примере барнаульского энергорайона (БЭ) Алтайской ЭС. Были выявлены особенности неравномерного режима работы БЭ, проанализированы графики минимальных и максимальных нагрузок, рассчитаны характеризующие их неравномерность коэффициенты, величины базовых, полупиковых и пиковых зон, величины перетоков в ремонтных схемах.

Были проанализированы тарифы для населения: одноставочный и дифференцированный по зонам суток.

Был произведен выбор газотурбинной электростанции для работы в пиковом режиме и оказания системных услуг, произведен выбор места её расположения с учетом центра электрических нагрузок.

В перспективе планируется проведение расчета экономической эффективности от выравнивания графика нагрузок, а также сравнение параметров равномерного и неравномерного режимов работы ЭС.

УДК 621.314.222.6

ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПО МЕТОДУ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

П.С. ПОНИМАСКИН, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. ГРИБАНОВ

В настоящее время парк трансформаторного оборудования сильно изношен, а его полное обновление затруднительно из-за недостатка средств.

Поэтому для предотвращения аварий необходимо следить за техническим состоянием трансформаторов.

Для совершенствования диагностики по методу низковольтных импульсов был создан генератор прямоугольных импульсов «Пульсер-1», предназначенный для оценки технического состояния трехфазных силовых трансформаторов с напряжением высокой стороны до 110 кВ и мощностью до 40 МВА включительно. Анализ диагностических сигналов проводился с использованием цифрового осциллографа Bordo 211 и специализированного программного обеспечения. Проведённые с их использованием эксперименты позволили сделать следующие выводы:

- форма переходного процесса не зависит от амплитуды подаваемых импульсов, то есть все значения в спектре изменяются пропорционально;
- наиболее эффективной частотой прямоугольных импульсов для диагностики является частота 7 кГц;
- амплитудный состав спектрограмм неодинаков при различных направлениях прохождения диагностического сигнала. Это можно объяснить тем, что регистрируемый сигнал определяется состоянием той обмотки, на которую подаются тестовые импульсы;
- при продольной диагностике однополярный сигнал преобразуется в биполярный с амплитудой в два раза меньше амплитуды тестового сигнала;
- продольная диагностика одноименных фаз обладает большей информативностью по сравнению с диагностикой разноименных фаз.

В перспективе на основе использования спектрального анализа диагностических сигналов предполагается выяснить комплекс частот спектра для выявления различных дефектов обмотки трансформатора. Использование разработанного аппаратно-программного комплекса в практике эксплуатации электрических сетей позволит повысить информативность диагностики силовых трансформаторов и поможет принять решение о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования.

УДК 621.311.11

НЕЧЕТКИЙ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ КРАЙНЕГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

П.С. ПАНКРАТЬЕВ, БрГУ, г. Братск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ШАКИРОВ

Район Крайнего Северо-Востока характеризуется неблагоприятными условиями жизни и деятельности. Получение дешевой электроэнергии

является важнейшей задачей для данного района. Такая электроэнергия наиболее реальным способом может быть выработана только на гидроэлектростанциях.

Актуальность использования энергоресурсов рек Крайнего Северо-Востока может быть выражена в следующем: отказ от сезонного завоза дорогого дизельного топлива; вытеснение электроэнергии Билибинской атомной станции, исчерпывающей свой безопасный ресурс работы; снижение себестоимости продукции горно-добывающей промышленности.

Большую сложность в районах распространения вечномёрзлых грунтов представляют строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений. При выборе площадки для строительства здесь очень важен всесторонний учет многих факторов: экологических, экономических, социальных, факторов общественного мнения, факторов здоровья и безопасности населения, а также особенностей производства строительных работ на вечной мерзлоте. С учетом этих факторов можно сказать, что проблема является многокритериальной. Также возникает неопределенность в оценке воздействий для данного типа энергетического объекта, источниками которой могут быть: невозможность сбора и получения данных по некоторым событиям; природные явления; миграция населения; невозможность точно предсказывать будущее; изменение степени важности воздействий со временем и изменение приоритетов и другие.

Выбор места, мощности ГЭС является сложной комплексной слабоструктуризованной проблемой. Необходим учет многочисленных факторов, мнений различных организаций. Многие факторы не могут быть выражены точными количественными оценками, что требует привлечения аппарата теории нечетких множеств. В связи с этим предлагается проводить предпроектный анализ перспективных мест размещения ГЭС на основе методов нечеткого многокритериального анализа.

УДК 621.311

ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

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

ООО НПП «ЭКРА» разработало современное микропроцессорное устройство автоматики ограничения повышения напряжения, алгоритм

которого соответствует ГОСТ 1516.3-96 в части учёта кумулятивного эффекта воздействия перенапряжений и реального числа воздействий. Разработана специальная методика для проверки устройства, почти все уставки которого достаточно просто проверяются с помощью модулей OMICRON и стандартных средств тестирования логики терминала НПП «ЭКРА», кроме уставок срабатывания ступеней по интегральной величине. Проверка уставок срабатывания ступеней по интегральной величине предполагает построение вольт-секундной характеристики, которую невозможно получить с помощью стандартных модулей OMICRON. Поэтому реализована собственная программа автоматического тестирования, которая позволяет проверить все уставки. Кроме того, применение собственной тестовой программы также обосновывается необходимостью испытания в условиях резонанса на второй и третьей гармониках, что нереализуемо с помощью стандартных модулей OMICRON. Тестовая программа представляет собой своеобразное объединение и расширение функционала модулей OMICRON Advanced TransPlay, NetSim и Harmonics. Она позволяет выдавать на проверяемое устройство аналоговые сигналы, форма которых определяется из файла COMTRADE, моделировать ЭЭС и проводить различные опыты с выдачей комбинаций сигналов.

УДК 621

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЕ МЕР ПО УСТРАНЕНИЮ КОММЕРЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

К.А. ПАВКИН, С.Е. ПОТАПОВ, филиал ЮУрГУ, г. Златоуст
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Златоуст, один из крупнейших промышленных городов в Челябинской области. Районы проспекта Гагарина и Демидовки, территориально находятся в центре города и имеют большую протяжённость. Срок эксплуатации основной части воздушных линий электропередачи данных районов, уже превышает нормативный.

Электроснабжение играет важную роль в жизни любого города, бесперебойное снабжение электроэнергией жизненно необходимо. Система электроснабжения этих районов состоит из подстанций «Гагаринская» 110/10 кВ и «Швейная» 110/6 кВ, выполняется магистральной многолучевой схемой с частичным резервированием, питание крупных промышленных потребителей осуществляется отдельными линиями 6-10 кВ.

№ п/п	Источник электроснабжения	Распред. сети, кол-во фидеров	Общие потери по сети, %	Технические потери, %	Коммерческие потери, %
1	ПС Гагаринская 110/10	14	30,17	8,61	21,56
2	ПС Швейная 110/6	12	19,35	7,79	11,55

Одним из важнейших аспектов снижения электропотребления, является необходимость существенного сокращения потерь электрической энергии, которые возникают при её транспортировке по электрическим сетям. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – сложная комплексная проблема, требующая капитальных вложений, постоянного внимания персонала, его высокой квалификации, юридической грамотности и заинтересованного участия в эффективном решении задачи.

Потери электроэнергии в электрических сетях – один из важнейших показателей экономичности их работы, они как индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовых организаций.

Рассматриваемые выше данные могут использоваться предприятиями энергосбытовых и энергосетевых компаний.

УДК 621.313

КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРОВ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ С ВОДОРОДНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

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

Турбогенераторы с непосредственным водородным охлаждением марки ТГВ-200 имеют в лобовых частях обмотки специальные изоляционные колпаки, служащие для подачи водорода внутрь медных пустотелых элементарных проводников. Головки обмотки являются частично не изолированными. И во время останова, на разобранном генераторе, участки меди в лобовых частях являются открытыми.

Этот факт является полезным с точки зрения диагностики обмоток вращающихся машин, так как в такие открытые лобовые части можно подавать импульсы, подобные импульсам частичных разрядов (ЧР). Частичные разряды имеют время нарастания порядка нескольких наносекунд и длительность импульса менее 10 мкс. Вводя импульсы, с такими

параметрами, в открытую лобовую часть и снимая эти импульсы с линейных выводов генератора можно определить степень искажения формы импульса. Для подключения измерительной аппаратуры к линейным выводам генератора предлагается использовать эпоксидно-слюдяные соединительные конденсаторы 80пФ.

Во время эксплуатации, импульсы от частичных разрядов, происходящих в обмотке, будут достигать измерительную аппаратуру посредством соединительных конденсаторов. Сопоставляя форму импульса ЧР с импульсами, вводимыми в обмотку отключенного генератора, будет возможно определить местоположение источника разрядов в обмотке. Если форма ЧР максимально напоминает искаженный импульс, вводимый в конкретную лобовую часть, то, очевидно, что ЧР возник в стержне обмотки, предшествующем данной лобовой части. Так представляется возможным локализовать дефект обмотки с точностью до одного стержня. Вероятно, что разрядная активность не будет наблюдаться в стержнях, расположенных близко к нулевым выводам генератора, так как напряженность электрического поля в этой части обмотки не превышает пробивную напряженность газовых включений в корпусной изоляции обмотки.

УДК 621.314.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ТРАНСФОРМАТОРА В COMSOL MULTIPHYSICS

К.И. ПАРШИНА, КГЭУ, г. Казань

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

При работе трансформаторов возникают потери энергии, превращающиеся в конечном счете в теплоту. Теплота повышает температуру обмоток, активной стали, контактных соединений, конструктивных деталей и одновременно рассеивается в окружающую среду. Нагревание оборудования ограничивает его мощность и является главной причиной старения изоляции. Поэтому в настоящее время является актуальным создание систем мониторинга для предупреждения различных повреждений трансформаторов или другого оборудования.

Одним из перспективных направлений развития систем мониторинга в части диагностирования является разработка диагностических моделей. В данной работе предполагается создать модель трансформатора в интерактивной среде Comsol Multiphysics. Программа дает возможность

рассчитывать физические модели без глубокого знания математической физики и метода конечных элементов. В модели показано распределение тепла, величины температур на поверхности бака, в обмотках, и другие параметры.

Таким образом, Comsol Multiphysics позволяет смоделировать и наглядно продемонстрировать распределение температурных полей при любом режиме работы трансформатора. Создание интерактивной модели может стать очень удобным и перспективным способом диагностики и мониторинга трансформаторного и другого оборудования также на стадии проектирования самого трансформатора.

УДК 621.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА ЭНЕРГООБЪЕКТАХ ПОДСТАНЦИИ КИНДЕРИ - 500 кВ

А.Н. ПОДРЕЗОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Регулирование электрических полей актуально в области электромагнитной совместимости и безопасности, где изучается и ограничивается воздействие полей на различную аппаратуру и живые организмы. Это воздействие связано с эффектами электростатической и электромагнитной индукции. Интенсивность их проявления зависит от абсолютных значений напряжённости поля и его распределения в пространстве.

Важно отметить, что в области расчета электрических полей на сегодня сложилась противоречивая ситуация. Это обусловлено тем, что имеется большое число отечественных и зарубежных изданий, посвященных аналитическим и численным методам расчета. Однако ощущается острая нехватка литературы, способной служить практическим руководством по решению конкретных задач.

Целью моей работы является проведение качественного и количественного анализа электромагнитных полей промышленной частоты вблизи электроэнергетических объектов подстанции Киндери-500кВ.

В связи с вышеизложенным поставлены следующие задачи:

1. Разработка метода расчета электрических и магнитных полей.
2. Обоснование средств измерения.

3 Расчет электрических и магнитных полей на участке открытого распределительного устройства подстанции 500 кВ.

4. Построение карты уровней напряженности поля на участке открытого распределительного устройства подстанции 500 кВ.

5. Разработка рекомендаций по улучшению электромагнитной обстановки для обслуживающего персонала.

К настоящему времени разработано множество аналитических и численных методов расчета электрических полей. В большинстве случаев задачи расчета электрических полей весьма сложны, и построение аналитического решения может потребовать грубых приближений, ведущих к неприемлемым погрешностям. Поэтому огромную роль приобретают численные методы.

УДК 621.311

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ОБЪЕКТОВ

Т.О. ПЕСТРОВА, К.Р. ТУКТАГАНОВА, ОГТИ (ф) ОГУ, г. Орск
Науч. рук. ст. преп. Е.А. ПРАСЛОВА

Основополагающие критерии совершенствования технического обслуживания и ремонта должны отвечать обеспечению надежности энергоснабжения потребителей. Но существует не менее важный аспект – это стоимость передачи электроэнергии. Как же снизить стоимость передачи электроэнергии? Одним из значительных составляющих при расчете тарифа являются затраты на проведение капитальных ремонтов на электросетевых объектах. Основной задачей на данном этапе является вопрос, какие объекты должны подвергаться капитальному ремонту? Мы рассматриваем эту задачу с точки зрения симбиоза надёжности и экономичности. Существует 3 способа увеличить надежность с наименьшими затратами:

1. Продолжать проводить капитальные ремонты воздушные линии старше 30 лет

2. Строить новые воздушные линии на классических конструкциях (ж/б, металлические опоры, классическая арматура)

3. Использовать современные технологии при строительстве новых воздушных линий.

Мы анализируем каждый вариант, рассматривая все плюсы и минусы. Следующим этапом проводим технико-экономический анализ трёх

вариантов. Так как в ходе эксплуатации показатели меняются, нужно провести такой же расчёт для тех же трёх вариантов, но по истечении 10 лет, 20, 30 и 35. В итоге сравниваем затраты на строительство и эксплуатацию 3-х объектов за 35 лет, проводим параллель с прибылью. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что проводить капитальные ремонты на воздушных линиях старше 30 лет неэффективно с точки зрения надёжности и экономической выгоды, перерасход средств составит более 156 млн рублей, на эти средства можно построить дополнительно примерно 85 км новой современной воздушной линии. Поэтому целесообразней будет строить их на металлических многогранных опорах без использования железобетонных, экономический эффект лучше более, чем на 62 млн рублей. Таким образом, при большем экономическом эффекте мы имеем более надёжную и приносящую прибыль воздушную линию.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ МТЗ ЛИНИИ И ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Б.Ш. САБИРЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для осуществления более наглядной и приближенной к реальным условиям работы защит генератора и линии предлагается собираемые на лабораторном стенде цепи первичные цепи смежных элементов объединить, а вторичные цепи защит и их элементы подключать к отдельным источникам и персональным компьютерам. В процессе работы были собраны схемы цепи МТЗ линии и схема цепи защиты генератора.

В сетях с односторонним питанием максимальная защита должна устанавливаться в начале каждой линии со стороны источника питания. Тогда каждая линия имеет самостоятельную защиту, отключающую линию в случае повреждения на ней самой или на шинах питающейся от нее подстанции. При коротком замыкании в какой-либо точке ток КЗ проходит по всем участкам сети, расположенным между источником питания и местом повреждения, в результате чего приходят в действие все защиты.

В лабораторном эксперименте используются две последовательно соединенные линии, подключенные к источнику питания через трансформатор и выключатели. От шин ближней к источнику линии (первой) получает питание индуктивная нагрузка, от шин другой линии – активная

нагрузка. В начале первой линии установлены трансформаторы тока и напряжения, в начале второй – только трансформатор тока. Короткие замыкания К1 и К2 устраиваются в конце каждой из линий. Две защиты З1 и З2 моделируются на компьютере с помощью специальной программы. Далее в первичную схему МТЗ линии также добавляются схема защиты генератора. Защита генератора от сверхтоков при внешних коротких замыканиях служит для отключения генераторов при повреждении на сборных шинах электростанции или на отходящих от них присоединениях.

Вторичные цепи защит подключаются к независимым источникам питания и отдельным компьютерам.

Таким образом совмещение и согласование в одной цепи (первичной) двух защищаемых элементов, позволяет более наглядно демонстрировать и анализировать моделируемые на лабораторном стенде процессы происходящие в реальных сетях цепи линия - генератор.

УДК 62-533.7

УПРАВЛЕНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

А.И. САЛАХОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. ЦВЕТКОВ

Вопросам экономии электроэнергии, сокращения затрат и рационального использования материальных и энергетических ресурсов уделяется в настоящее время возрастающее внимание. Расход электроэнергии на освещение промышленных предприятий непрерывно растет и составляет в среднем по отраслям промышленности 5-10 % их общего потребления.

Электрическое освещение, наряду с другими устройствами технического оснащения производственных помещений, создает комфортные условия для производительности труда. Поэтому задачу экономии электроэнергии на осветительных установках нужно производить таким образом, чтобы при минимальных затратах электроэнергии обеспечить оптимальную освещенность производственных помещений и рабочих мест.

Значительная экономия электроэнергии, расходуемой на освещение, может быть получена за счет максимального использования естественного освещения в сочетании с автоматически управляемым искусственным освещением. Экономия электроэнергии при применении систем

автоматического управления достигается путем значительного сокращения времени использования искусственного освещения, т.е. рационального использования естественного света.

Регулирование уровня освещенности осветительных установок может осуществляться путем снижения питающего напряжения. Достоинством этого способа является возможность плавного изменения светового потока, легко осуществляется регулирование освещенности отдельных зон помещения.

Существует два основных способа регулирования освещения: групповое и индивидуальное. Групповое регулирование предусматривает снижение напряжения на всей отходящей линии, а индивидуальное – регулирование напряжения на лампе в каждом конкретном светильнике.

Использование регулирования позволяет экономить электроэнергию, увеличивает срок службы ламп, снижает эксплуатационные расходы. Поэтому вопрос внедрения и модернизации автоматизированных систем управления освещением является актуальным на данный момент.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ОСНОВНОЙ И РЕЗЕРВНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Р.Р. САФИУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Применение на лабораторном стенде основной и резервной защиты силового трансформатора, в одной схеме представляет возможность наглядного моделирования действий аппаратуры релейной защиты как в штатных ситуациях, так и в нештатных, когда основная защита по каким-либо причинам не отключает поврежденный элемент и отключение производит резервная защита. Для согласования основной и резервной защит необходимо объединение первичных элементов цепей схем дифференциальной защиты трансформатора и мтз трансформатора. Так, для защиты трансформаторов от коротких замыканий между фазами, на землю и от замыканий витков одной фазы широкое распространение получила дифференциальная защита. Принцип действия дифференциальной защиты трансформаторов, также как и дифференциальной защиты линий и шин, основан на сравнении величины и направления токов до и после

защищаемого элемента. При КЗ в трансформаторе токи направлены встречно от шин к месту повреждения. В первом случае защита не должна действовать, во втором – должна работать.

В данном лабораторном эксперименте моделируется трансформатор, одна сторона трансформатора подключена к источнику питания, другая – к нагрузке. На компьютере с помощью специальной программы моделируется дифференциальная защита трансформатора. Защита настраивается под нужное соединение и напряжение обмоток силового трансформатора. В качестве резервной защиты шин предлагается использовать МТЗ трансформатора. Защита от внешних коротких замыканий служит для отключения трансформатора при КЗ на сборных шинах или на отходящих от нее присоединениях, если защиты или выключатели этих элементов отказали в работе. Одновременно защита от внешних КЗ используется и для защиты от повреждения в трансформаторе. Первичные цепи объединяются, вторичные цепи обеих защит в данном случае должны собираться и подключаться отдельно к двум компьютерам.

Таким образом объединенная первичная схема защит трансформатора позволит наглядно демонстрировать работу основной и резервной защиты трансформатора.

УДК 621.311: 681.5

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Ю.А. СЕРГЕЕВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. Г.И. ХИСАМОВА

В настоящее время одним из направлений развития мировой и отечественной энергетики является применение на энергетических объектах цифровых устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.

Со времен начала разработок проектов автоматизированных систем управления трансформаторных пунктов подстанций произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления для применения на электрических подстанциях, появились высоковольтные цифровые трансформаторы тока и напряжения, микропроцессорные контроллеры, оснащенные инструментальными средствами разработки, на базе которых возможно создание надежного программно-аппаратного комплекса ПС; разрабатывается первичное и вторичное электросетевое оборудование со встроенными коммуникаци-

онными портами. Все это создает предпосылки для построения подстанции нового поколения – цифровой подстанции.

С появлением цифровых устройств начали формироваться требования к системам передачи данных. Для этого в 2003 году был создан стандарт МЭК-61850, позволяющий описывать системы связи внутри подстанции. Поэтому структура цифровой подстанции базируется именно на использовании этого стандарта.

Целью данной работы является изучение подстанций нового поколения, на которых организация потоков информации при решении задач мониторинга, анализа и управления осуществляется в цифровой форме. Это обеспечивает высокую точность измерений. Автоматизация позволяет снизить влияние человеческого фактора на работу сети, повысить ее надежность и снизить потери при транспортировке электроэнергии. Также к основным преимуществам цифровых подстанций относится снижение себестоимости, сокращение объема технического обслуживания и затрат на эксплуатацию, снижение затрат на кабельную продукцию, на проектирование и ремонт оборудования.

Создание цифровых подстанций позволит в будущем упростить модернизацию и обслуживание объектов на базе новых технологий.

УДК 519.81

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РАЙОНА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ

В.А. ФАДЕЕВ, БрГУ, г. Братск

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

Наблюдаемый в течение последних лет рост энергопотребления в России, нарастающий износ энергооборудования обуславливал необходимость воспроизводства и развития электроэнергетики. В период экономической стагнации проблема не может считаться решенной, необходим анализ вариантов развития электроэнергетики страны и регионов.

Очевидно, варианты развития электроэнергетики различных регионов весьма многочисленны и разнообразны. Оценка этих вариантов должна быть не только многокритериальной, отражающей воздействия решения на различные факторы, но и отражать динамику воздействий решения на эти факторы.

Для моделирования динамики развития электроэнергетики региона предлагается использовать когнитивные карты. Когнитивная карта представляет собой ориентированный знаковый граф, в котором вершины представляют собой факторы, а дуги – причинно-следственные отношения, вес которых отражает силу влияния факторов.

Построение динамической модели является трудоемким этапом, требующим всестороннего рассмотрения проблемы. Точное количественное выражение взаимного влияния факторов представляется затруднительным, что приводит к необходимости применения нечеткого оценивания.

Для оценки конкретного решения по развитию электроэнергетики предлагается использовать методы теории полезности. Теория полезности позволяет получить некоторый функционал – многокритериальную функцию полезности, которая устанавливает количественную оценку для каждой альтернативы из всего множества, в зависимости от оценок по критериям.

Таким образом, построение динамической модели на основе когнитивных карт позволит генерировать возможные альтернативы и определять динамику изменения факторов во времени. Многокритериальная теория полезности позволит оценить альтернативы на различных срезах времени с помощью многокритериальной функции полезности.

УДК 621.3.027

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ КРУЭ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р.И. ФАЗЛЫЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время главным вопросом о надежности КРУЭ является его особенность эксплуатации и диагностики. Снижение затрат на эксплуатацию позволяет обосновать экономическую эффективность КРУЭ и внедрения элегазовых выключателей, несмотря на более высокую их стоимость по сравнению с традиционным исполнением подстанций на других видах высоковольтного оборудования. Необходим анализ работы элегазового оборудования по данным длительной эксплуатации, в частности, с целью выявления возможности дальнейшего улучшения конструкций, усовершенствования методик и программ испытаний на заводах – изготовителях и на месте монтажа. Достоверный вывод об эксплуатационной надежности отечественных КРУЭ сегодня можно сделать по опыту

длительной эксплуатации подстанций, который сегодня исчисляется уже более 30 лет:

1. Подстанции с КРУЭ и с элегазовыми выключателями более надежны примерно в 6 - 7 раз.

2. Для подстанций с КРУЭ характерен период приработки, составляющий не более года (зачастую меньше) для отдельных подстанций, когда число отказов составляет до 50 % и выше.

3. Интенсивность отказов увеличивается незначительно, с ростом класса напряжения.

Основные факторы, влияющие на эксплуатационную надежность выключателей и КРУЭ: недостатки в выбранных конструктивных принципах и производственно – технологические дефекты. Также на надежность устройства может влиять: незнание особенностей элегазового оборудования, отсутствие опыта монтажа и наладки, а также необходимых для наладки приспособлений, приборов, комплексов испытательных установок, отсутствие документации по проведению пуско-наладочных работ, по ремонтам и профилактическим работам и т.д. Поэтому важнейшими направлениями повышения надежности высоковольтных аппаратов являются конструктивные мероприятия повышения механического ресурса и подготовки персонала.

УДК 621.311:681.5

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ НА ПЕРЕДАЧУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.Ф. ФЕДЯКИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. Г.И. ХИСАМОВА

Современное развитие промышленности приводит из года в год к увеличению степени загрязненности атмосферы отходами производства, количество которых увеличивается почти пропорционально росту производства продукции. В свою очередь рост электрических сетей создает условия, когда в большей мере возможно загрязнение изоляции той или иной части линий электропередачи и отдельных распределительных устройств, находящихся вблизи от промышленных производств или природных источников выделения солей (моря, солончаковые пустыни и т. д.). Загрязнения снижают электрическую прочность изоляции и как следствие в

некоторых случаях вызывают поверхностное перекрытие, тем самым нарушая нормальное электроснабжение или разрушая аппаратуру.

В результате нахождения электроустановок в зоне с загрязненной атмосферой возникает и ряд других явлений — возгорание опор из-за увеличения токов утечки по изоляторам, увеличение радиопомех от разрядов, ускоренная коррозия проводов, арматуры, металла опор и т. д.

В энергосистемах осуществляется ряд мер, повышающих надежность работы изоляции, к числу которых относятся:

- увеличение разрядных характеристик изоляторов, например путем усиления изоляции и применения специальных конструкций их;

- разработка методов надзора и ухода за изоляцией. Большие работы по поиску эффективных мер увеличения надежности работы изоляции осуществлялись во многих энергосистемах, и в частности Донбассэнерго, Ленэнерго, Свердловэнерго, Мосэнерго и ряде других.

Вопросы загрязнения изоляции, ее выбор и эксплуатации еще не освещались в какой-либо обобщенной работе, хотя и представляют интерес в первую очередь для многочисленного персонала, работающего на электростанциях и сетях высокого напряжения.

УДК 621.311

СОЗДАНИЕ ДАТЧИКА ТОКА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЯСА РОГОВСКОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКОВ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

И.И. ХАЗИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

При измерении в высоковольтных установках, как правило, приходится иметь дело с большими значениями измеряемой величины тока. Не всегда удается измерить такой ток с помощью обычных измерительных приборов. В таких случаях пытаются различными способами уменьшить ток, текущий через измерительный прибор, либо измерить его по косвенным признакам. С этой целью обычно используют шунты, измерительные трансформаторы и датчики Холла. Зная зависимость между измеренным и протекающим в проводнике током, определяют величину последнего.

Традиционные методики измерения больших токов с помощью шунтов, трансформаторов тока и датчиков Холла сложны в установке оборудования, у них велика рассеянная мощность и низка

помехоустойчивость. Существуют также ограничения по токам перегрузки и времени измерения. Вследствие выше сказанного актуально использование датчиков с гальванической развязкой без значительного рассеяния мощности и тепла, способные в течение длительного времени измерять большие значения токов. Использование датчиков тока с катушкой Роговского полностью удовлетворяет поставленным требованиям и предназначены для систем, где важны не только точность измерений и невосприимчивость к внешним электромагнитным воздействиям, но и небольшие масса и габариты, а также связанная с этим простота установки и использования.

Таким образом, создание датчиков на основе технологии пояса Роговского для определения токов на линиях электропередач дает ряд преимуществ перед другими датчиками переменного тока, в большинстве случаев с меньшими финансовыми затратами, что и выполняется в данной работе.

УДК 621.311

ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАСЕЛ

А.Р. ХАЙРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Традиционный анализ эксплуатируемого изоляционного масла в настоящее время осуществляется путем лабораторных испытаний отбираемых проб масла из контролируемого маслонеполненного оборудования. Альтернативой традиционным химическим методам может служить спектральный метод исследования изоляционных масел. Применение спектроскопии делает возможным определение не только качества изоляционного масла, но и его химического состава, делая, таким образом, этот метод исследования более чувствительным и точным, нежели химический метод. Достоинствами спектрального метода являются так же быстрота получения результата исследования, значительно меньшие по сравнению с химическими методами исследования трудоемкость и себестоимость.

Рассматривается диапазон электромагнитного излучения с длиной волны до 1000 нм. В этой области спектра находятся обертона валентных колебаний CH_3 , CH_2 , CH и OH групп. Эти группы входят практически во все молекулы изоляционного масла и продукты их окисления.

Одним из важнейших вопросов при анализе является подбор соответствующего метода обработки спектральных данных (получение производных от спектров, отношений спектров и т.п.) позволяет из слабо дифференцированной спектральной картины выделить важную информацию.

УДК 620.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЕЕ ПЕРЕДАЧУ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

А.Т. ХАФИЗОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЕВА

Затраты на производство и поставку потребителям электроэнергии в системах регионального электроснабжения включают стоимость электроэнергии, расходуемой на ее передачу по электрическим сетям (потери). В настоящее время уровень потерь электроэнергии в электрических сетях России составляет 13 %, в то время как за рубежом - 7,5 %. Приказом №338 ОАО РАО «ЕЭС России» от 01.06.2005 г. утверждена комплексная программа по снижению потерь в сетях всех уровней напряжений к 2015 г. до 10 %. Конечной целью снижения потерь является сдерживание темпа роста тарифов на электроэнергию для потребителей. Эффективность функционирования систем электроснабжения, в том числе промышленных предприятий, в значительной мере зависит от уровня потерь электроэнергии при ее транспортировке.

Кроме того, следует отметить, что оперативное решение задач минимизации потерь в системах передачи энергоресурсов оказывает существенное влияние на качество потребляемой электроэнергии.

В настоящее время для анализа электрических потерь и определения нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче широко используются модели, реализующие методы теоретических основ электротехники, в частности, методы эквивалентирования, схемы замещения, которые в ряде случаев позволяют получать приемлемый результат.

$$R_{\text{эк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \cdot S_{ti}^2 \cdot R_{li} + \sum_{i=j}^n \cdot S_{tj}^2 \cdot R_{tj}}{S_{T.G.}^2}$$

Для решения данной задачи можно использовать эквивалентное сопротивление. На основе этого провести анализ способов эквивалентирования цеховых сетей, составить программу расчета планирования потерь электроэнергии в цеховых сетях методом эквивалентного сопротивления, и смоделировать влияние величин эквивалентного сопротивления на уровень потерь.

УДК 621.384.658

ЭЛЕКТРОШУМОВАЯ ИНТРОДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Ю.С. ЧЕБРЯКОВА, ВлГУ, г. Владимир

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

В последнее десятилетие постепенно изменяется стратегия технического обслуживания высоковольтного оборудования: осуществляется переход от концепции регламентных ремонтов к более ресурсо- и энергосберегающей концепции обслуживания на основе оценки текущего технического состояния. Эффективность такого перехода в значительной мере определяется возможностями применяемых методов и средств интродиагностики. Безусловно, наиболее перспективны методы интродиагностики под рабочим напряжением без вывода оборудования из эксплуатации. К их числу относятся электрошумовые методы, позволяющие обнаружить локальные быстроразвивающиеся дефекты. Физической основой большой группы электрошумовых методов являются частичные разряды (ЧР). Процесс возникновения частичных разрядов является результатом действия множества факторов и носит случайный характер, что позволяет отнести метод ЧР к электрошумовым.

Основной проблемой, возникающей при применении электрошумовых методов для интродиагностики высоковольтного оборудования (в частности силовых трансформаторов), является обеспечение помехоустойчивости. Анализ ЧР требует обработки больших массивов зашумленных данных, несущих информацию о локальных процессах разрушения изоляции высоковольтного оборудования. На наш взгляд, одним из путей повышения достоверности электрошумовой интродиагностики является грамотное применение алгоритмов кластерного анализа. Кластерный анализ – совокупность методов для формирования однородных классов в произвольной области больших объемов данных.

Экспериментальное исследование применения алгоритмов кластерного анализа возможно с использованием программного комплекса MATLAB. В системе MATLAB для реализации метода субтрактивной кластеризации используется функция `subclust`. Команда `findcluster` (в пакете приложений Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB) позволяет использовать графический интерфейс кластеризации.

УКД 620.9.688

ЗАМЕНА ЭЛЕКТРОВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА СОЛНЕЧНЫЕ ВОДОНАГРЕВАТЕЛИ В НАМИБИЙСКИХ ДОМАХ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Ф. ШАНЬЯТА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время около 60 % электроэнергии, потребляемой в Намибийских домах и государственных учреждениях идет на обеспечение горячего водоснабжения, т.е. 60 % стоимости электроэнергии в каждом доме и государственном учреждении идет на подогревание воды для горячего водоснабжения. Значительная экономия может достигнута за счет использования солнечных водонагревателей. Срок окупаемости солнечных водонагревателей лежит в пределах от 4 до 6 лет в условии Намибии. Дома и государственные учреждения потребляют примерно 40 % от общей потребляемой мощности страны, т.е. замен электроводонагревателей на солнечные водонагреватели снижает 40 % потребляемой электроэнергии на 60 %. Таким образом Намибия может снизить количество закупаемой электроэнергии на 24 %, которую в настоящее время экспортирует ЮАР.

В работе был произведен анализ солнечного коллектора виде плоской пластины. Мною была создана математическая модель, которая описывает тепловые характеристики коллектора. В результате анализа разных систем было установлено, что наиболее оптимальная система для климатических условий Намибии, является двухконтурная система солнечного водонагревателя

УДК 621.315

КОМПАКТНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В КЛАССАХ НАПРЯЖЕНИЯ 110-220 кВ

Р.Т. ШАРАФЕЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. Г.И. ХИСАМОВА

В настоящее время мы наблюдаем резкое увеличение потребления электрической энергии, как в промышленной, так и в социальной сферах. Это требует увеличения пропускной способности линии. В современных условиях для нас важнейшей задачей становится: максимальное повышение пропускной способности ВЛ, а также увеличение управляемости и устойчивости энергосистем. Создание ВЛ нового поколения и применение ее в электроэнергетике должно позволить нам обеспечить более экономичную и надежную передачу электрической энергии заданной мощности как между системами, так и внутри энергосистем.

Применения компактных ВЛ позволит увеличить пропускную способность электрической сети. Также это позволяет снизить затраты на передачу мощности и энергии за счет уменьшения удельных затрат на строительство ВЛ. При этом нельзя забывать, что мы получаем дополнительный эффект за счет повышения эффективности использования проводникового материала линии и сокращения площади земельных угодий, которые выделяются под ВЛ.

ВЛ нового поколения по сравнению с ВЛ традиционной конструкции позволяют: увеличить пропускную способность в 1,2-1,6 раза; снизить суммарные затраты на 10–20 %, также используя эти ВЛ мы можем принудительно перераспределять потоки активной и реактивной мощности, повышать эффективность использования устройств регулирования реактивной мощности; уменьшать суммарную мощность и стоимость устройств регулирования мощности и напряжения. Также введение ВЛ нового поколения позволяют нам снижать суммарные потери электроэнергии в энергосистеме, повышать механическую устойчивость ВЛ при воздействии неблагоприятных атмосферных факторов.

Большое значение имеет выбор расположения и конструкции фаз одноцепных и многоцепных ВЛ нового поколения. Это нужно для улучшения электрических параметров линий за счет изменения параметров электромагнитного поля в междуфазном пространстве. Если усилить электромагнитное поле внутри линии за счет сближения фаз, то это позволяет нам увеличить пропускную способность и улучшить электрические и

технические параметры ВЛ. Ослабление электромагнитного поля во внешнем пространстве приводит к улучшению экологических показателей ВЛ.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ НАГРУЗОК

И.Р. ЮСУПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Расчет сетей ведется до 40 гармоник. Но в сетях кроме воздушных линий применяются и кабельные, которые имеют большую емкость. Так как в сети присутствует индуктивность, образуется колебательный контур в котором на высших частотах возможно возникновение резонанса.

Высшие гармоники имеют негативное воздействие. Возможен перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий вследствие их перегрузки токами третьей гармоники. Также происходит ускоренное старение изоляции при повышении рабочей температуры токонесущих проводников.

Гармоники, генерируемые нелинейной нагрузкой, создают дополнительные потери в трансформаторах. Эти потери могут привести к значительным потерям энергии и быть причиной выхода из строя трансформаторов вследствие перегрева.

Актуальность данной темы в том, что все эти последствия наносят ущерб. В сетях 6, 10 кВ возникает повышение себестоимости продукции вследствие увеличения удельного расхода электроэнергии по причине невозможности использования конденсаторных установок, которые применяются для повышения коэффициента мощности. В этих сетях при наличии высших гармоник тока возникают резонансы тока в цепи батареи конденсаторов – внешняя сеть на частотах высших гармоник. Эти явления практически всегда приводят к перегрузкам конденсаторов по току и выходу их из строя.

Новизна данной темы заключается в том, на стадии проектирования при расчете высших гармоник не учитывается, что кабельные линии, соединяющие трансформатор и выпрямительные устройства, могут создать колебательный контур и вызвать резонанс. При этом высшие гармоники будут вызывать большие потери электроэнергии, чем предполагалось.

Таким образом, при проектировании сетей необходимо рассчитать высшие гармоники с учетом нелинейного взаимодействия несинусоидальных нагрузок. Эта задача облегчается применением специальных программ. Одной из таких программных обеспечения является Simulink, которая позволяет смоделировать реальную действующую или проектируемую сеть, что и выполняется в данной работе.

УДК 621.311

СОГЛАСОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ ШИН И ТРАНСФОРМАТОРА ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Р.Р. ЮСУПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Одновременное совмещение защит разных элементов сети лабораторного стенда, силового трансформатора и сборных шин, позволит моделировать ситуации возникающие на понизительных подстанциях, а также анализировать и визуально представлять последовательность резервирования защит смежных элементов сети. Предлагается провести совмещение первичных элементов цепей схем защит шин и силового трансформатора. Так, шины подстанций 6 или 10 кВ, питающие потребителей по кабельным линиям с реакторами, можно защищать токовой отсечкой, включенной на ток трансформатора, питающего подстанцию. Отсечка выполняется с двумя реле, включенными в две фазы. Ток срабатывания отсечки отстраивается от максимального тока при повреждении за реакторами отходящих линий.

В данном эксперименте моделируются сборные шины, подключенные к источнику питания через силовой трансформатор и выключатель. От шин питаются две нагрузки, одна из которых присоединена через линейный реактор и выключатель, вторая – через выключатель. Короткие замыкания можно устраивать на защищаемых шинах и за линейным реактором.

На компьютере с помощью специальной программы моделируется токовая отсечка шин.

В качестве резервной защиты шин предлагается использовать МТЗ трансформатора. Защита от внешних коротких замыканий служит для отключения трансформатора при КЗ на сборных шинах или на отходящих от нее присоединениях, если защиты или выключатели этих элементов отказали

в работе. Одновременно защита от внешних КЗ используется и для защиты от повреждения в трансформаторе.

Первичные цепи объединяются, вторичные цепи обеих защит в данном случае должны собираться и подключаться отдельно к двум компьютерам.

Таким образом объединенная первичная схема защит шин и трансформатора позволит наглядно демонстрировать работу основных и резервных защит шин.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ МТЗ ЛИНИИ И ЗАЩИТЫ СБОРНЫХ ШИН

Р.Н. ЯКУПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для наглядного отображения действия защит в реальных условиях предлагается совмещение защит разных элементов сети лабораторного стенда, в данном случае МТЗ линии и сборных шин, что позволит моделировать ситуации возникающие на понизительных подстанциях, а также облегчить анализ последовательности работы защит смежных элементов сети. В рамках исследовательской работы предлагается провести совмещение первичных элементов цепей схем защит шин и линии. Шины подстанций, питающие потребителей по кабельным линиям с реакторами, можно защищать токовой отсечкой, включенной на ток трансформатора, питающего подстанцию. Отсечка выполняется с двумя реле, включенными в две фазы. Ток срабатывания отсечки отстраивается от максимального тока при повреждении за реакторами отходящих линий.

В данном эксперименте моделируются сборные шины, подключенные к источнику питания через силовой трансформатор и выключатель. От шин питаются две нагрузки, одна из которых присоединена через линейный реактор и выключатель. Короткие замыкания можно устраивать на защищаемых шинах и за линейным реактором.

На компьютере с помощью специальной программы моделируется токовая отсечка шин. При правильно собранной схеме и корректно выбранных уставках защиты последняя должна срабатывать при коротком замыкании в точке К1 и быть отстроена (не срабатывать) при коротком замыкании в точке К2

Далее к лабораторному стенду подключаются две последовательно соединенные линии, подключенные к источнику питания через

трансформатор и выключатели. От шин ближней к источнику линии (первой) получает питание индуктивная нагрузка, от шин другой линии – активная нагрузка. В начале первой линии установлены трансформаторы тока и напряжения, в начале второй – только трансформатор тока. Короткие замыкания К1 и К2 устраиваются в конце каждой из линий. Две защиты моделируются на компьютере с помощью специальной программы.

Первичные цепи объединяются, вторичные цепи обеих защит в данном случае должны собираться и подключаться отдельно к двум компьютерам.

Таким образом, объединенная первичная схема защит шин и линии позволит наглядно демонстрировать работу защит шин и линии.

УДК 621

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИДКОЙ ИЗОЛЯЦИИ И СПОСОБОВ СИГНАЛИЗАЦИИ ОБ УХУДШЕНИИ ЕЁ СВОЙСТВ

А.В. РУБЦОВ, ЮУрГУ, г. Златоуст

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.М. ЛУКЬЯНОВ

Маслонаполненное высоковольтное электрооборудование (МВВЭО) является «сердцем» электроустановок распределительных сетей. В процессе его эксплуатации под воздействием электрических и магнитных полей, влажности, температуры происходит разложение трансформаторного масла. В настоящее время пузырьковый механизм износа жидкой изоляции является скрытым повреждением, так как такая неисправность изоляции выявляется только в процессе дальнейшей деградации диэлектрика.

Для снижения опасности при эксплуатации МВВЭО может быть использована система предупреждения об опасности. Данное устройство повышает безопасность работы для персонала, занимающегося эксплуатацией и техническим обслуживанием МВВЭО.

Для изучения влияния микровключений на жидкую изоляцию и определения эффективной зоны взаимодействия сигналов накачки и образования волны разностной частоты (ВРЧ) была проведена серия экспериментов. Суть экспериментов заключалась в том, что в трансформаторное масло с пузырьками излучалось два сигнала накачки на частотах $f_1=350$ кГц и $f_2=370$ кГц. В среде с пузырьками происходит частичное их рассеяние, а также их нелинейное взаимодействие, в результате которого происходит генерирование волн комбинационных частот, в том числе и ВРЧ [1].

Предлагаемая установка позволяет обнаружить газовые микровключения в жидкой изоляции, и предназначена для предупреждения о надвигающихся опасностях при эксплуатации МВВЭО.

Литература

1. Лукьянов М.М. Кавитационный механизм износа жидкой изоляции и способ его обнаружения / М.М. Лукьянов, А.В. Коношенко // Техническая эксплуатация электроустановок. – Златоуст, 2010. – с. 167 – 171.

УДК 621.452.3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ ГТД НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ

Д.Р. ГАЗИЗОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ф.А. ГИЗАТУЛЛИН

Анализируется механизм электроискровой стабилизации пламени, возможный в некоторых типах пусковых воспламенителей ГТД и в камерах сгорания в процессе запуска двигателя в высотных условиях, когда свечи зажигания оказываются в области высоких скоростей потока вне циркуляционной зоны.

Рассматривается идеальная модель электроискровой стабилизации пламени в виде: имеется цилиндрический канал, через который протекает однородный поток смеси. В начале канала расположен источник зажигания, образующий последовательность искровых разрядов. Ядра пламени, инициированные искровым разрядом, движутся со скоростью потока V , размер ядер увеличивается со скоростью горения U . За время задержки воспламенения смеси принимается время от момента образования искрового разряда до момента слияния двух последующих ядер пламени в пределах длины канала. Причем, расстояние, на котором произойдет слияние границ очагов должно быть меньше длины канала, тогда можно считать, что пламя стабилизируется.

В результате математического моделирования описанного процесса получено выражение для определения времени задержки воспламенения:

$$t_{\text{зад}} = \frac{f \cdot (V - U) - 2 \cdot R_0}{2 \cdot U},$$

где R_0 - радиус начального ядра пламени, образованного искровым разрядом, f - частота следования искровых разрядов.

Время задержки воспламенения зависит, в том числе от радиуса начального ядра пламени R_0 , определяемого энергетическим потенциалом

искрового разряда и частоты следования искровых разрядов. Принято допущение, что энергетический потенциал разряда в первом приближении пропорционален радиусу разряда.

Радиус искрового разряда в зависимости от накопленной в емкостной системе зажигания энергии определялся экспериментально. На основе экспериментальных исследований влияния параметров емкостной системы зажигания на величину начального ядра пламени и результатов моделирования установлено, что с точки зрения минимизации времени задержки воспламенения целесообразно увеличивать частоту следования разрядов в свече в условиях постоянства потребляемой системой зажигания мощности. Причем, зависимость времени задержки воспламенения от частоты и от энергии является нелинейной. Существует оптимальное значение частоты, превышение которой при соответствующем уменьшении энергии разрядов не ведет к сокращению длительности разрядов.

Таким образом, время задержки воспламенения определяется, с одной стороны, газодинамическими характеристиками камеры сгорания, такими как скорость потока и скорость горения, с другой – энергетической эффективностью системы зажигания. Существующий оптимум по частоте следования разрядов и накопленной в емкостной системе зажигания энергии при постоянстве потребляемой мощности показывает, что, оптимизируя эти параметры и добившись минимизации времени задержки воспламенения, можно улучшить эффективность системы зажигания ГТД.

В результате исследований даны рекомендации по выбору энергетических параметров систем зажигания для воспламенения смеси в напряженных условиях запуска ГТД, особенно, в высотных условиях.

УДК 621.316.1

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ
ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ
НОМИНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 кВ
В НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

В.В. ВАСИЛЬЕВ, филиал ОАО «Сетевая компания» Набережночелнинские
электрические сети (НчЭС), г. Набережные Челны

Науч. рук. главный инженер НчЭС Р.И. ХУСАИНОВ; начальник службы
испытаний и защиты от перенапряжений НчЭС А.С. СЕДОЙКИН

Своевременная и достоверная диагностика состояния изоляции силовых кабельных линий с использованием неразрушающих методов

позволит отказаться от профилактических испытаний изоляции разрушающими методами, определить время наработки кабеля и остаточный ресурс, выявить и устранить дефекты в КЛ на ранней стадии их развития. Полученная информация позволит планировать ремонт и замену КЛ по их фактическому техническому состоянию и получить существенный экономический эффект за счет:

- снижения количества аварий на КЛ и, соответственно, затрат на их устранение;
- исключения затрат на проведение необоснованных ремонтов КЛ;
- повышения качества монтажных работ за счет проведения диагностики на КЛ после их ремонта или при вводе КЛ в эксплуатацию;
- продления срока эксплуатации КЛ с невыработанным ресурсом изоляции.

В НчЭС основным типом силовых кабелей являются КЛ с бумажной пропитанной изоляцией напряжением 6 кВ и 10 кВ, для которых наиболее приемлемым неразрушающим методом диагностики выбран метод возвратного напряжения. В 2011 году службой испытаний и защиты от перенапряжений с применением этого метода обследованы 30 кабельных линий напряжением 6 кВ. По результатам обследований определены и поставлены на контроль кабели с увлажненной изоляцией, сформированы базовые значения для сравнительного анализа в ходе последующих измерений.

УДК 621.311.4

ТЕХНОЛОГИИ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.Ф. НУГУМАНОВА, УГАТУ, г. Уфа

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

Накопление энергии (НЭ) в энергосистеме позволяет:

- увеличить пропускную способность сети без прокладки новых ЛЭП;
- высвобождение мощности генерирующего оборудования в регионах с дефицитом энергии;
- накопление энергии в период ее низкой стоимости и выдача электроэнергии (ЭЭ) в период высокой стоимости;
- резервирование ЭЭ для потребителей высокой категории;
- повышение качества ЭЭ и надежности энергосистемы;
- регулирование частоты.

Технологии НЭ: ГАЭС (Pumped Hydro), энергия сжатого воздуха (природный газ) (CAES), проточные батареи (Flow), ванадиевый редокс-аккумуляторы (VRB), Zn-Br (цинк-бром), металовоздушные (Metal-Air), NaS (натрий серные), Li-ion (литий ионные), Ni-Cd (никель кадмиевые), свинцово-кислотные (Lead-Acid) аккумуляторы, супермаховики (FlyWheels), сверхпроводниковые накопители (SMES), электрохимические конденсаторы (E.C. Capacitors).

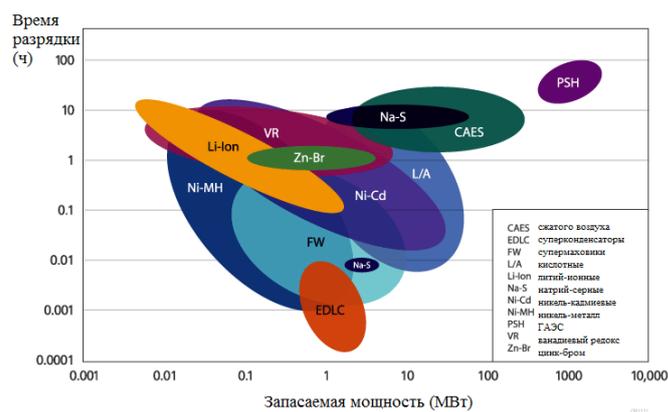


Рис. 1. Оценка накопительных систем установленных с ноября 2008 г.

Проведена оценка систем НЭ по следующим факторам: размер и вес, капитальные затраты, эффективность и жизненный цикл, стоимость ЭЭ за цикл, плотность ЭЭ, нормализованная стоимость. Наибольшей плотностью энергии обладают металловоздушные аккумуляторы, более эффективны – электрохимические конденсаторы с большим жизненным циклом.

Основным фактором, сдерживающим развитие накопительных систем в России, является их высокая стоимость.

УДК 621

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОБ ОТКЛЮЧЕНИЯХ В РАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.Г. ЛАТИПОВ, филиал ОАО «Сетевая компания» Альметьевские
электрические сети, г. Альметьевск

Около 30-40% рабочего времени диспетчера РЭС занимает предупреждение потребителей об предстоящих отключениях по телефону, что негативно сказывается на качестве основной оперативной работы. Кроме того, во время аварийных отключений поступают многочисленные звонки потребителей, что не позволяет сконцентрироваться диспетчеру на

локализации аварии и безопасном ее устранении силами оперативно-выездных и ремонтных бригад.

В настоящее время имеется множество коммуникационных платформ для совершения автоматического извещения потребителей и позволяющих автоматически воспроизводить звонящему лицу определенный текст. Наиболее удобным для таких целей является программный продукт Oktell.

На базе указанной программы разработан алгоритм работы по рассылке речевых и текстовых сообщений о планируемых отключениях согласно списку потребителей и автоматическом получении ответа во время аварийных отключений.

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 621.31.075.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭЛ СИСТЕМ

А.И. ФОМИН, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары
И.В. ИНЮШКИН, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.М. ЕРМОЛАЕВА

Проблема оптимизации параметров и режимов систем передачи и распределения электроэнергии весьма сложна и имеет множество путей решения. Для оптимизации параметров предварительно должен быть выбран критерий оптимизации. При наиболее общем подходе обычно в качестве показателя эффективности решений выступает не один, а несколько критериев, т.е. приходится решать многоцелевую задачу. Например, в качестве критериев могут выступать потери электроэнергии, пропускная способность сети, степень надежности электроснабжения, экономические затраты на оптимизацию.

Задача оптимизации решается как на стадии конфигурирования сети (проектная задача), так и в условиях эксплуатации. В первом случае основная цель заключается в достижении требуемого технического эффекта (необходимых пропускной способности, надежности электроснабжения, качества напряжения и т.п.) с минимально возможными техническими и экономическими затратами. В условиях эксплуатации критерием задачи

оптимизации служат текущие (или возможно долговременные) издержки. Если оптимизация режима электрической сети осуществляется за текущий момент времени, то в качестве критерия используют потери мощности:

$$\Delta P = \sum_{n=1}^k \Delta P_n \rightarrow \min$$

где ΔP_n – потери электроэнергии в n-ом элементе сети за рассматриваемый период, k – количество элементов сети.

Процесс минимизации потерь мощности в элементах сети можно рассматривать как задачу линейного программирования, где целевой функцией является расчет потерь мощности, а ограничениями модели – допустимые уровни напряжений в узлах системы. Решение нашей задачи будет являться допустимым, если оно удовлетворяет всем ограничениям модели. Решение будет оптимальным, если, кроме того, что оно допустимо, целевая функция при этом решении достигает оптимального (минимизация потерь мощности) значения.

УДК 681.5:331.823:622.276

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ

А.Ф. ГАЛИМОВ, А.М. ГАРЕЕВ, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. ст. преп. Л. Г. ОРЕХОВА

Целью данной работы является создание системы, которая способна моделировать аварийные ситуации на объектах подготовки нефти. Визуально система создается в SCADA-системе Genesis. Поскольку для прогнозирования требуется проводить интерполяцию данных, написан собственный OPC-сервер, который позволяет добиться нужного быстродействия. На основе архивных данных строятся первоначальные модели, которые задают стратегию управления. Задаются правила управления, исключения, если таковые требуются, права доступа. На их основе осуществляется контроль за работой объекта. Интерполяция данных позволяет заранее заметить опасное изменение важных параметров, после чего, в зависимости от полученных прав, система либо выводит предупреждающее сообщение, либо сама попытается провести корректировку. Алгоритмы управления позволяют выводить зависимости параметров друг от друга, что дает больше рычагов управления, а также позволяет выявить слабые участки, такие как перегрузка каналов передачи информации, дублирование выходных данных, избыточность и прочее.

УДК 621.317.73

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

А.А. БЕСЦЕННЫЙ, УГАТУ, г. Уфа

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

Работа относится к технике электрорадиоизмерений и может быть использована для определения параметров элементов электрических цепей (сопротивление, емкость и индуктивность).

Погрешности, получаемые при измерении параметров элементов электрических цепей, в большинстве случаев, зависят от методов измерения и используемых средств (меры и измерительные приборы). В настоящее время мостовые методы измерений являются наиболее точными. Недостатками этих методов является то, что они требуют наличия мер емкости и индуктивности высокого класса точности, а автоматизация процесса уравнивания измерительных мостов сложна и сам процесс занимает много времени.

Задача предлагаемого способа измерения емкости и индуктивности - полное (или частичное) исключение участия мер емкости и индуктивности в процессе измерения за счет введения более точных мер – частоты и активного сопротивления.

Предлагаемый способ измерения базируется на методе косвенных измерений. Основой способа, является колебательная система второго порядка, работающая в режиме консервативного звена. Измерительный канал состоит из колебательной LX, CX, RC, RL – цепочки, усилителя с управляемым коэффициентом усиления, охваченного положительной обратной связью. Элементы LX и CX являются частотоподающими. Главной задачей в данном случае будет нахождение частоты генерации. Зная частоту, а также коэффициент усиления усилителя, находятся измеряемые величины LX, CX, RC, RL .

Основным преимуществом рассматриваемого метода является более высокая точность нахождения параметров элементов электрических цепей, универсальность измерений (можно проводить измерения для нахождения как сопротивления, так и емкости или индуктивности не меняя измерительной схемы), возможность проведения процесса измерения в автоматическом режиме, что является очень важным показателем на производстве.

УДК 621.31(063)

**РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ
ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СТАНЦИИ В ЧАСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ОБОРУДОВАНИЕМ АРТЕЗИАНСКОГО ВОДОЗАБОРА И
МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА**

А.В. КАЛИНИН, (ф) ОАО «Генерирующая компания»

Заинская ГРЭС, г. Заинск

Науч. рук. А.В. ЕМЕКЕЕВ

В рамках данной работы рассматривается реализация узла управления оборудованием артезианского водозабора (АВЗ) и узла мониторинга мазутного хозяйства, с дальнейшей организацией передачи данных в систему вычислительного комплекса контроля энергоресурсов (ВККЭР), разработанную специалистами отдела инфокоммуникационных технологий без привлечения подрядных организаций.

Управление энергоресурсами является важной составляющей по снижению издержек станции.

Для облегчения процесса управления энергоресурсами и было разработано программное обеспечение ВККЭР, которое делает этот процесс намного проще и эффективнее.

Развитие вычислительного комплекса контроля энергоресурсов, в целом позволяет:

- разумно подходить к вопросу учета и распределения энергоресурсов;
- разрабатывать мероприятия по энергосбережению;
- повысить достоверность расчета показателей, своевременно выявлять и устранять причины нерационального использования энергоресурсов.

УДК 53.087.4

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

А.И. САВИН, ЮЗГУ, Курск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Б.С. ЛУШНИКОВ

Изучение трибологических свойств материалов является одним из важнейших направлений современной науки и техники. В ходе подобных

исследований можно определить такие свойства материалов, как шероховатость поверхности, наличие инородных включений, износостойкость и сопротивление движению, а также исследовать их на склонность к возникновению фрикционных автоколебаний. Фрикционные автоколебания характерны для систем с сухим некулоновым трением. Основным их признаком является прерывистый характер перемещения тела, находящегося в контакте с какой-либо поверхностью, вместо ожидаемого равномерного. Такое прерывистое движение может повредить работе машин и ухудшить показатели точности аппаратуры. Устранение или, по крайней мере снижение эффекта фрикционных автоколебаний возможно путем применения метода вибрационного сглаживания. Данный метод характеризуется тем, что под воздействием высокочастотных вибраций происходит изменения характера трения. В частности, перемещение тела перестает быть прерывистым и становится равномерным.

Для изучения и диагностики трибологических свойств материалов планируется выполнение работ по проектированию автоматизированного диагностического комплекса. Данный комплекс включает в себя протягивающее устройство, представленное линейным приводом, жестко связанным с подвижной платформой, на которой расположен покоящийся образец; вибропривод, позволяющий осуществить вибрационное воздействие на покоящийся образец; узел нагружения, позволяющий осуществить приложение переменного усилия на испытываемую пару трения.

Также было проведено математическое моделирование данного комплекса в среде Simulink, в частности, создана математическая модель протягивающего устройства, включающая в себя модели сил трения между исследуемыми образцами материалов с учетом сил упругости и вязкого сопротивления, а также между платформой и направляющей. Кроме того, разработана математическая модель привода нагружения образцов.

УДК 621.311

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

А.М. БУРХАНОВ, М.М, ГОРБУНОВ, (ф) УГНТУ в г. Салават
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.М. ЛЕВИНА

В настоящее время на заводы поступают нефти, содержащие до 2 % пластовой воды, а следовательно, 3-5 г/л хлористых солей (хлоридов). Для

полного удаления солей нефть подвергается обессоливанию на специальных электрообессоливающих установках. Электродегидраторы являются важнейшим элементом технологической схемы электрообессоливающих установок. От полноты выделения воды в них зависит глубина обезвоживания и степень обессоливания нефти в них.

В электродегидраторах совмещены два процесса - обработка эмульсии в электрическом поле и отстой воды от нефти. При попадании эмульсии в электрическое поле частицы воды, заряженные отрицательно, передвигаются внутри элементарной капли, придавая ей грушевидную форму, острый конец которой обращен к положительно заряженному электроду.

Особое внимание следует уделять величине переменного электрического тока, подаваемого на электроды электродегидратора, и вести мониторинг технического состояния с помощью измерительного устройства.

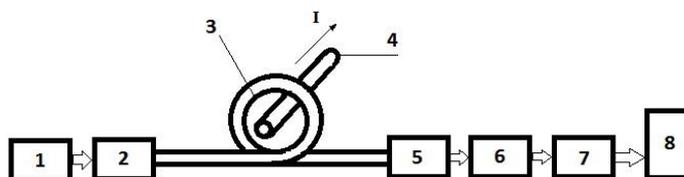


Рис. 1 – Информационно – измерительное устройство контроля электрического тока

Устройство содержит источник оптического излучения 1 в виде лазера или лазерного диода. Последовательно с ним оптически соединяют поляризатор 2, оптическое волокно 3, обладающее линейным двойным лучепреломлением и свернутое в катушку. Внутри катушки 3 расположен электрод 4 с измеряемым током I . Анализатор 5 оптически связан с фотоприемником 6 в виде фотодиода. Последний электрически соединен с усилителем 7, выход которого подключен к микроконтроллеру 8, содержащий блок обработки информации.

Задачами, поставленными для достижения цели: обнаружение дефектов и несоответствий, установление причин их появления и определение технического состояния оборудования; прогнозирование технического состояния и остаточного ресурса.

УДК 620.9.002.56

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ I-III ГАБАРИТОВ

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

Трансформатор является ответственным элементом электрической сети, на работу которого влияют как сильные внешние воздействия (грозовые и коммутационные перенапряжения, повышения рабочего напряжения, токи короткого замыкания, токи намагничивания при включении, перегрузка трансформатора по току), так и аномальные режимы работы энергосистемы.

Одним из решающих факторов ухудшения изоляции является увлажнение. Имеются три источника увлажнения: остаточная влага в твердой изоляции, не удаленная при заводской сушке; атмосферная влага; вода, образованная при старении изоляции и масла.

Диагностирование трансформаторов позволит своевременно выявить любые неполадки, увлажнение и повреждения и, соответственно, поможет предотвратить их отказ.

Вопрос выявления дефектов на ранней стадии их возникновения у нормальных и, особенно, отработавших нормативный срок силовых трансформаторов для каждой энергоснабжающей компании является важной задачей.

В то же время существующие средства и методы диагностирования состояния изоляции силовых трансформаторов не позволяют в полной мере выявить дефекты на ранней стадии их образования. Связанно это с рядом причин:

- Методы, используемые в настоящее время, не обнаруживают опасные ухудшения состояния изоляции;

- Большинство применяемых методов основано на использовании явления абсорбции, однако, на абсорбционные зависимости изоляции, кроме увлажнения, влияет и целый ряд иных факторов, затрудняющие определение состояния изоляции и др.;

- Существующие методы контроля изоляции определяют состояние только части объема изоляции и не могут характеризовать состояние изоляции по всему объему трансформатора;

- Всем традиционным методам присуща зависимость результата измерений от физико-химических показателей масла, в то же время продукты разложения масла и твёрдой изоляции вносят большие погрешности в оценку состояния изоляции;

- Результаты контроля на отключённом трансформаторе значительно отличаются от результатов контроля в рабочем состоянии.

Из этого следует, что для обнаружения быстроразвивающихся дефектов диагностирование силовых трансформаторов должно включать в себя оперативный контроль под рабочим напряжением, т.е. без отключения напряжения, так как именно такой способ позволяет наиболее четко выполнить вышеперечисленные требования, предъявляемые к определению состояния их изоляции.

УДК 004.031.2

МЕТОДЫ МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА

В.В. САВЕНКОВА, М.А. КИСЛЯКОВ, ВлГУ, г. Владимир
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.А. КАЛЫГИНА;
канд. техн. наук, доц. С.Г. МОСИН

Беспроводные сенсорные сети получили широкое применение при организации мониторинга промышленных объектов. Это обусловлено наличием у данного вида сетей следующих особенностей: энергоэффективность, самоорганизация и самовосстановление, простота запуска и обслуживания. Однако существует ряд проблем, связанных с организацией корректной работы систем, основанных на данной технологии. Одной из них является поиск оптимального метода маршрутизации при передаче информации в сети.

На данный момент основные разработки в этом направлении базируются на спецификации *ZigBee*. Здесь имеет место анализ четырех методов маршрутизации: *Broadcasting*, *Mesh Routing*, *Tree Routing* и *Source Routing*.

Метод *Broadcasting* обеспечивает широкоэвещательную рассылку сообщений при отсутствии предустановленных маршрутов. Данный метод рационально применять только при начальной организации сети. Информация распространяется по всем ветвям топологии сети, что в свою

очередь снижает производительность узлов и повышает загрузку сети в целом.

Метод *Source Routing* предполагает предопределение маршрута следования информационного пакета на стороне отправителя. Недостатком метода является ограничение длины маршрута до пяти узлов, что недопустимо при построении сетей больших размерностей.

Метод *Tree Routing* позволяет строить более длинные маршруты, однако является неустойчивым к разрыву соединений. Неисправность любого из узлов приводит к нарушению функционирования целой ветки сети, связанной с ним предустановленным маршрутом.

Метод *Mesh Routing* также позволяет построение более длинных маршрутов с организацией высокой скорости передачи данных, низкой загрузки сети и устойчивостью к сбоям отдельных узлов.

Анализ представленных методов маршрутизации позволяет утверждать, что при решении задачи начальной организации сети целесообразно использовать метод *Broadcasting*, однако наиболее эффективным средством для построения маршрутов в рабочем режиме является метод *Mesh Routing*.

УДК 519.683.8

РАСЧЕТ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Д.П. ХАРИТОНОВ, Н.Б. ИЛЬЧЕВ, А.И. КУЛЕШОВ, ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ф.Н. ЯСИНСКИЙ

Задача расчета установившегося режима (УР) электроэнергетической сети на данный момент уже является решённой. Современные методики расчета позволяют получить однократный расчет установившегося режима за приемлемое время. Однако выполнение многовариантных расчетов УР для больших сетей требует очень много времени. Следовательно, имеется потребность в снижении времени либо однократного расчета УР, либо ускорении вычислений всех вариантов. Одним из путей решения данной проблемы является распараллеливание вычислений.

Существует несколько путей решения поставленной проблемы. Одним из вариантов является использование многоядерности процессора, либо выделив для каждого ядра расчет УР своего варианта сети, либо использовать все ядра для расчета одного варианта сети, пытаясь добиться

таким образом ускорения расчета. Вторым вариантом является использование в расчетах видеокарты. В этой работе мы воспользуемся вторым вариантом, дадим описание архитектуры видеокарты и инструментов, позволяющих задействовать их в неграфических расчетах.

Выбор видеокарт для расчетов не случаен. Современные видеокарты имеют на своём борту сотни ядер (в отличие от процессоров, где количество ядер измеряется десятками в лучшем случае). Однако работа с видеокартой для расчета накладывает определенные ограничения на используемые структуры памяти и алгоритмы обработки данных. В данной работе рассматриваются различные алгоритмы расчета и дается анализ их реализации с использованием видеокарты. Также, с алгоритмической точки зрения, система представляет из себя слабозаполненную матрицу и требует применения специальных структур для своего хранения, позволяющих экономить память.

Результаты работы можно будет использовать при оптимизации электроэнергетической сети, где как раз и будет иметь место многовариантный расчет установившегося режима

УДК 621.314:681.5

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОДШИПНИКОВЫХ КОЛЕЦ

К.Ю. ДУДНИК, А.С. КАЛАШНИКОВА, К.Д. ЛЕВИНА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. МЕЛЬНИКОВ

В настоящее время приборные подшипники нашли широкое применение в разных отраслях промышленности (оборонная, ракетно-космическая и другие отрасли). При производстве подшипников возникает серьезная проблема, обусловленная тем, что заготовки, предназначенные для различных типов изделий, смешиваются и невозможно определить их тип. Установка в прибор или систему подшипника из несоответствующего материала может привести к разрушению всей системы, заклиниванию и отказу прибора. Зарубежные изделия контроля качества имеют иные системы сертификации, а в некоторых странах используется иная система мер (дюймы). В настоящее время на подшипниковых заводах полностью ликвидированы отделы, занимающиеся разработкой оборудования для контроля качества технологического процесса.

Для решения данной проблемы была разработана система контроля качества подшипниковых колец, оснащенная многозоновым вихретоковым

преобразователем, которая в автоматизированном режиме отбраковывает заготовки колец по различным параметрам, таким как тип материала, наличие микротрещин и примесей, повышенная шероховатость. Картина вихревого поля строится из полученных отсчетов путем использования процедуры интерполирования. Для автоматизации процесса сортировки и отбраковки колец разработано программное обеспечение, производящее на первоначальном этапе анализ загружаемых колец с автоматическим делением их на серии по измеренным параметрам. После подтверждения выбранных параметров, система автоматически производит сортировку и отбраковку колец. Разработанная система позволит повысить качество выпускаемой продукции.

УДК 621.317

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННО- ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

М.В. ГОРБАТКОВ, В.Р. МУКАЕВА, А.О. ТИМОФЕЕВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. ПАРФЕНОВ

Инновационный технологический процесс плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) представляет собой перспективное направление развития электротехнологий и наряду с анодированием позволяет наносить оксидные покрытия, обладающие высокой износостойкостью. К отличительным особенностям процесса ПЭО относится использование высоких напряжений, обеспечивающих появление микрозарядов, интенсивно модифицирующих поверхностный слой.

Целью данной работы является повышение качества наносимых покрытий на ответственные детали энергетических машин за счет автоматизации процесса плазменно-электролитического оксидирования и косвенного определения неизмеримых в ходе обработки параметров наносимого покрытия (толщина покрытия и шероховатость поверхности).

Для процесса ПЭО диапазон измерения напряжения составляет [-250; 600] В, частотный диапазон составляет [0;30] кГц. Измеряемый сигнал напряжения поступает на резистивный делитель, рассчитанный таким образом, чтобы амплитуда информационного сигнала не превышала 100 мВ. Для обеспечения гальванической развязки преобразователя в измерительной схеме использован изолирующий усилитель НСРЛ-7840-000Е,

представляющий собой ИМС в DIP-упаковке. Он работает по принципу перевода измеренного сигнала в цифровой вид, передачу через оптопару с дальнейшим восстановлением сигнала на частоте 200 кГц. Гальваническая развязка по питанию осуществляется при помощи DC/DC преобразователя на 5 В. Для выполнения теоремы Котельникова, в схему был введен активный фильтр низких частот Баттерворта 4-го порядка, выполненный на сдвоенном операционном усилителе LM-358. Частота среза данного фильтра составляет 30 кГц.

Таким образом, разработанное устройство позволяет преобразовывать силовой сигнал напряжения в информационный сигнал для его последующего анализа системой диагностики процесса ПЭО, выполненной на базе персонального компьютера и осуществляющей цифровую обработку сигналов на частоте дискретизации 60 кГц.

УДК 681.5:622.24

Г99

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ

М.Г. ГЫЙНИЯТУЛЛИН, АГНИ, г. Альметьевск

Науч. рук. ст. преп. Л.Г. ОРЕХОВА

Информационное обеспечение процесса бурения нефтяных и газовых скважин является наиболее важным звеном в процессе строительства скважин, особенно при введении в разработку и освоении новых нефтегазовых месторождений. В этой связи актуальна и важна проблема разработки информационных технологий для диагностики и решений возможных проблем, связанных с подъемом или опусканием буровой колонны. Применение в этой области компьютерных технологий позволяет значительно упростить контроль и ускорить выполнение буровых работ.

Система разработана в среде DELPHI. Решения системы основаны на введенных в нее знаний геологической обстановки в месте нахождения скважины и соотношениями между наблюдаемым процессом бурения и предполагаемыми причинами неполадок. Основная идея заключалась в том, что нужно реализовать наглядную и простую в понимании и последовательной логике экспертную систему. Само понятие экспертной системы основывалось на том, что пользователь, отвечая на вопросы, получал бы наиболее вероятный результат запрашиваемой его проблемы.

Набор данных имеет древообразную структуру и на каждой его ветке и ответвлении есть свои вопросы и результаты. Также возможно рассчитать вероятность каждого результата. Т.к. каждый результат это последовательность ответов на вопросы, то нужно определить для каждого критерия вероятность для рассматриваемого результата. Отвечая на вопросы, вы получаете результат, и его вероятность, если она оговорена.

Основные функции системы:

- ввод данных;
- формирование баз знаний;
- автоматизированное формирование рекомендаций;
- представление накопленных знаний на естественном языке;
- все интерфейсы приложения остаются открытыми, что позволяет заказчику не только администрировать приложение, но и в случае необходимости дописывать модули.

УДК 613.62:622.323

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.С. МИХАЙЛОВА, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Ю.О. УРАЗБАХТИНА

Медицина представляет собой слабо структурированную область знания, что создает серьезные трудности при построении систем процесса принятия решений. В то же время, в практической деятельности врач выстраивает последовательность умозаключений, опирающихся на представлениях о связи наблюдаемых у больного признаков с определенным диагнозом. Таким образом, необходимо выявить наиболее информативные признаки для автоматизации диагностики заболеваний.

Среди различных контингентов населения состояние здоровья работающих занимает отдельное место, поскольку именно эта часть общества составляет основу его экономического благополучия. В числе ведущих отраслей экономики, определяющих уровень научно-технического прогресса страны, одно из ведущих мест занимает нефтедобывающая промышленность. Наличие комплекса вредных производственных факторов приводит к развитию профессиональных, производственно-обусловленных заболеваний. Вредные факторы трудового процесса не только являются

основой формирования профессиональной патологии, но и способны запускать патогенетические механизмы развития и прогрессирования общих заболеваний.

На основе экспертных оценок выявлены основные факторы риска артериальных гипертензий: сахарный диабет, отягощенная наследственность (нарушения липидного обмена у самого больного и у его родителей, СД у пациента и его родителей, заболевания почек у родителей), гиперхолестеринемия, повышенная резистентность мелких артерий, заболевания щитовидной железы, злоупотребление алкоголем, избыточное употребление поваренной соли, стресс, гиподинамия, табакокурение, тип личности пациента и его окружение.

За последние годы наблюдается существенный рост заболеваемости лиц трудоспособного возраста болезнями сердечнососудистой системы. На основе многочисленных проспективных исследований доказано, что своевременное выявление факторов риска артериальной гипертензии и их адекватная коррекция значительно снижают риск возникновения и неблагоприятных исходов, осложнений артериальной гипертензии.

УДК 621.316.925

ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИН ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕРМИНАЛАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

П.А. ГОРОЖАНКИН, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары

Входные аналоговые сигналы тока и напряжения в оцифрованном виде поступают в математический процессор терминала. Для получения тех или иных параметров сигнала нужно выбрать метод целесообразный поставленной задаче. Многие измерительные органы защит терминала работают с таким параметром как амплитуда синусоидального сигнала промышленной частоты. Часто её получают с помощью дискретного преобразования Фурье. Однако данный метод не всегда даёт приемлемый результат.

При скачкообразном изменении амплитуды новое её значение с применением дискретного преобразования Фурье будет получено только через один период сигнала, а некоторые быстродействующие защиты требуют меньшего времени срабатывания. В этом случае можно

использовать метод вычисления амплитудного значения синусоидального сигнала по двум измерениям и известной частоте.

Сигнал тока может содержать не только синусоидальную, но и экспоненциальную составляющую. Если измерительный орган защиты должны реагировать только на синусоидальную составляющую сигнала, экспонента может вызвать недопустимую погрешность срабатывания. Предлагаемое решение проблемы - создание измерительного органа на основе модели сигнала, представляющего собой сумму синусоидальной и экспоненциальной составляющей.

Выбор метода расчёта величин тока и напряжения будет зависеть от требований к защитам. При создании измерительных органов защит нужно найти оптимальное соотношение между точностью оценки параметра, скоростью оценки и затратами микропроцессорного времени на расчёты.

УДК 621.35

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО ПОЛИРОВАНИЯ

С.А. КУКЛИНА, В.Р. МУКАЕВА, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. ПАРФЕНОВ

Технологический процесс электролитно-плазменного полирования (ЭПП) получает все более широкое применение для полирования поверхности ответственных деталей энергетических машин, таких, как рабочие лопатки турбин. К основным преимуществам данного метода относится экологическая безопасность производства, к недостаткам – высокая энергоёмкость процесса. Характерной особенностью ЭПП является появление парогазовой оболочки (ПГО) вокруг обрабатываемой детали при приложении рабочего напряжения порядка 300 В. На ПГО происходит основное падение напряжения в цепи, а колебания ПГО отражаются в колебаниях тока. Характер кипения ПГО определяется условиями обработки и изменяющейся шероховатостью поверхности.

Цель работы – создание программного обеспечения информационно-измерительной системы для диагностики состояния поверхности детали в ходе ЭПП по спектральным параметрам электрического сигнала. Разработанное в среде Matlab программное обеспечение решает следующие задачи: расчет спектральной плотности мощности (СПМ) сигнала методом

Барлетта-Уэлча для заданного интервала времени усреднения, визуализацию и анализ полученных динамических спектров.

Процесс ЭПП экспериментально изучался на образцах из стали 20Х13. До и после обработки измерялась шероховатость поверхности. В ходе обработки регистрировались мгновенные значения тока и напряжения, по которым проводился расчет СПМ электрического сигнала. Аппроксимация экспериментальных данных показала, что шероховатость поверхности экспоненциально снижается в ходе ЭПП. Закономерность изменения СПМ электрического сигнала на частоте 1 кГц, выявленная с помощью разработанного программного обеспечения имеет схожий характер.

Таким образом, применение разработанного программного обеспечения позволяет разрабатывать способы диагностики состояния поверхности в ходе ЭПП, обеспечивающие своевременное определение времени окончания обработки во избежание излишних энергозатрат.

УДК 61:658.011.56

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ С ПОЧЕЧНЫМ СИНДРОМОМ

С.В. ШЕСТАЕВА, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.О. УРАЗБАХТИНА

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) – острое вирусное природно-очаговое заболевание, являющееся региональной патологией для Башкортостана.

ГЛПС занимает особое место среди природно-очаговых заболеваний по трудности распознавания, тяжести лечения и сложности профилактических мероприятий [1].

ГЛПС дифференцируют с гриппом, брюшным и сыпным тифом, лептоспирозом, энцефалитами, острым пиелонефритом, острыми хирургическими заболеваниями брюшной полости.

Врачам, которые имеют небольшой опыт работы, или просто никогда не сталкивались с ГЛПС, трудно поставить диагноз быстро и верно назначить соответствующее лечение.

Поэтому нами предлагается автоматизировать дифференциальную диагностику данного заболевания.

Исходя из характера медико-биологических данных, наиболее целесообразно проводить автоматическую классификацию в пространстве интегральных системо-комплексов первичных признаков.

На начальном этапе проектирования системы были определены наиболее информативные признаки по которым возможно диагностировать ГЛПС: эпиданамнез, клинические данные, общеклинические лабораторные данные, серологические исследования.

Нами предлагается выделять типологические группы заболеваний с использованием иерархического алгометрического кластерного анализа.

Результаты классификации пациентов на основе кластерного анализа в зависимости от различных информативных признаков позволят отнести объект с определенным набором признаков (симптомов) к одному из известных классов.

Предлагаемые мероприятия позволят повысить эффективность диагностики ГЛПС как в стационаре, так и для врачей скорой помощи.

УДК 621.317 (07)

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЖНОГО ПОКРОВА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.Ю. АРХИПОВА, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Ю. ДЕМИН

Актуальной задачей настоящего времени является разработка прибора, производящего точные измерения электрических параметров локальных зон кожного покрова человека, по показаниям которого возможно оценивать его психофизическое состояние. Подобные измерения позволяют извлечь важную информацию о гомеостазе биологического организма, что важно в таких областях как: спортивная медицина (определение психофизического состояния спортсменов перед соревнованиями), восстановительная медицина и косметическая хирургия (исследование регенеративной способности тканей), судебно-медицинская экспертиза (определение характера и срока давности повреждений кожного покрова человека).

Существующие в настоящий момент приборы для измерения электрических параметров в локальных зонах кожного покрова работают в режиме заданного тока либо в режиме заданного напряжения. Их результаты измерений имеют низкую достоверность, так как энергетическое возмущение

вносимое в объект не является постоянным и зависит от состояния этого объекта.

Новизна разработанного измерителя заключается в том, что при измерениях в объект вносится постоянное энергетическое возмущение, независимое от его состояния. Это позволит получать достоверные результаты, поддающиеся оценке. Устройства, созданные ранее, измеряют электрическое сопротивление либо потенциал. Разработанный измеритель имеет возможность измерения сразу трех параметров: сопротивления кожного покрова, падения напряжения между зонами кожного покрова, а также значения тока, отдаваемого локальной зоной кожного покрова при замыкании на измерительный преобразователь с малым входным сопротивлением. Это позволит получать более полную информацию о состоянии органов и тканей человека. Другими достоинствами устройства являются: малые масса и габариты, электробезопасность, обеспечиваемая за счет аккумуляторного питания, а также достоверность и повторяемость результатов. Создание подобных приборов является предпосылкой к появлению дешевых систем для массовой диагностики населения.

УДК 621.317

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ЗАДАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ С КОРРЕКЦИЕЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ

М.В. ВАТУЕВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Ю. ДЁМИН

В ряде областей науки и техники, требуется определение электрического сопротивления жидких сред. Значительная нелинейность и температурозависимость объекта измерения затрудняют получение воспроизводимых и достоверных результатов. Для улучшения стабильности воспроизведения результатов измерения целесообразно воздействовать на измеряемый объект постоянным значением электрической мощности (ЭМ). Для обеспечения режима заданной ЭМ необходимо применение специальных устройств – измерительных генераторов заданной ЭМ (ИГЗМ). Это обеспечивает определенность термодинамического состояния и неизменность теплового возмущения, вносимого в объект измерения.

Основные направления исследований ИГЗМ ранее связывались с применением их для измерений параметров биологической ткани.

Предлагается использовать ИГЗМ для измерения сопротивления жидкости. Для этого управляемый источник напряжения заменен на источник тока, управляемый напряжением, и введен блок для измерения падения напряжения. Для коррекции систематической погрешности включены дополнительные каналы измерения эталонных сопротивлений и используется метод трех измерений. Вычисленное значение сопротивления лишено влияния нестабильности коэффициентов преобразования.

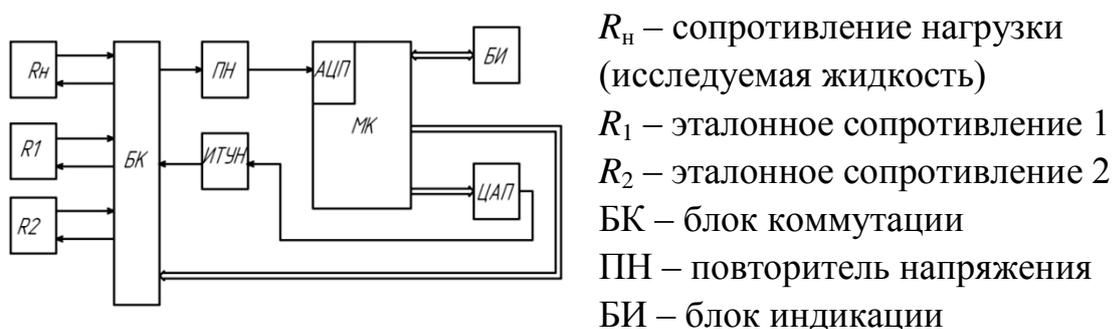


Рис.1. - Структурная схема ИГЗМ

Данные устройства могут найти широкое применение при оценке параметров, функционально связанных с удельным электрическим сопротивлением жидкости (концентрация солей, плотность растворов и т.д.).

УДК 004.932.72'1

СИСТЕМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И АНАЛИЗА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Я.А. ЮНАЦКАЯ, УГАТУ, г. Уфа

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

Извлечение из видеопоследовательности информации о движущихся объектах является сложной исследовательской проблемой. В настоящее время проблема заключается не только в детектировании движения, но и в различении интересующих движущихся объектов (например, людей) и не интересующих (дрожание на ветру ветки, волны на поверхности воды). Для этого используются такие методы, как вычитание фона, вероятностные методы, слежение за точечными особенностями. Наиболее перспективными являются способы, в основе которых лежит использование оптических потоков, так как они позволяют избавиться от такой проблемы, как срыв слежения при изменении освещения или фона.

Оптические потоки находят разнообразное практическое применение: например, машинное зрение (создание бинокулярного машинного зрения); получение и визуализация научно-технических данных (исследования динамики внутриклеточной активности на основе последовательности состояний клеточной цитоплазмы, наблюдаемых с помощью микроскопа); компрессирование видеоинформации, видеоморфинг.

Существует несколько способов оценки оптического потока: блочные, дифференциальные, на основе дискретной оптимизации. Самыми распространёнными являются дифференциальные методы. Они основаны на приближении сигнала отрезком ряда Тейлора. Все современные методы слежения опираются на алгоритм Лукаса-Канаде. Этот алгоритм основан на предположении, что в локальной окрестности каждого пикселя значение оптического потока одинаково, таким образом можно записать основное уравнение оптического потока для всех пикселей окрестности и решить полученную систему уравнений методом наименьших квадратов.

В основе разрабатываемой системы также лежит алгоритм Лукаса-Канаде. Целью является найти наиболее оптимальное применение данного алгоритма на практике и обеспечить независимость работы системы от изменения освещения и других помех. Полученные в ходе обработки видеопоследовательности данные позволяют не просто зарегистрировать движение, но и анализировать его.

УДК 321.3.08

МОНИТОРИНГ ОБОЛОЧКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

К.Е. ШУРУПОВА, Т.М. ЛЕВИНА, Р.Г. ВИЛЬДАНОВ

Резервуары являются наиболее ответственными сооружениями, в них хранятся в больших количествах ценные жидкости.

Для повышения промышленной безопасности необходимо проводить оценку технического состояния и разработки рекомендаций по условиям их дальнейшей безопасной эксплуатации, так же установка необходимости ремонта или исключение из эксплуатации.

Существует система мониторинга напряженно–деформированного состояния оболочковых конструкций, включающая аппаратные и программные средства, метод магнитного сканирования и технологию проведения работ по диагностированию.

Для получения более достоверной информации о резервуаре необходимо произвести замер датчиками в таких местах где резервуар подвергается большему разрушению.

Целью дальнейшей работы является разработка метода мониторинга состояния оболочковых конструкций на основе использования данных полученных с помощью датчика потерь перемагничивания.

В последнее время широкое применение находят нейронные сети (НС). Важнейшая особенность сети, свидетельствующая о ее широких возможностях и огромном потенциале, состоит в параллельной обработке информации всеми звеньями. Данные для обработки получим от датчиков перемагничивания, сигналы которого обрабатываются с помощью компьютерной программой.

Для эффективного использования информации, получаемой датчиками, необходима адекватная методика обработки сигналов.

Идеальная модель анализа информации должна:

- определять порядок обработки информации;
- иметь явный замкнутый цикл;
- иметь возможность анализировать информацию, поступающую от источников различного типа;

На основании этих требований выявили что наиболее лучше подойдет модель Бойда и общая модель.

УДК 621.315.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЛОКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Е.О. АСПИДОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время для обнаружения гололеда на проводах воздушных линий, а также определения места повреждения применяются различные дистанционные методы, среди которых основными являются:

- методы, основанные на измерении параметров аварийного режима: односторонние и двусторонние;
- импульсные методы: волновые и локационные.

На кафедре «Релейной защиты и автоматизации» КГЭУ разработан локационный метод, относящийся к импульсным методам, который позволяет решить не только задачу определения места повреждения, но и задачу раннего обнаружения гололеда на проводах ЛЭП.

С помощью этого метода каждые полчаса регистрируются два параметра – дополнительная задержка $\Delta\tau$ и уменьшение амплитуды U отраженного сигнала. По изменению этих величин можно судить о гололедных образованиях и повреждениях на линиях электропередачи.

Измерения на действующей воздушной линии электропередачи между подстанциями «Кутлу Букаш» и «Рыбная Слобода» 110 кВ протяженностью 40 300 м проводятся с 2010 года. На сегодняшний день в табличном процессоре Microsoft Excel накоплена объемная база данных, включающая в себя значения амплитуды U , запаздывания $\Delta\tau$ и температуры θ .

С помощью функций Excel и его надстройки VBA вычисляются среднесуточные значения этих параметров, проводится корреляционный и регрессионный анализ, позволяющий установить зависимость между значениями запаздывания $\Delta\tau$ и температурой θ .

Планируется автоматизировать процесс обработки локационных измерений с помощью объектно-ориентированного языка программирования C#.

УДК 621.38

К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИЗЕ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Р.И. БИКТАГИРОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.И. КУРТ

Разделение погрешности измерения на случайную и систематическую и построение на таком разделении методов ее описания к началу 80-х годов стали подвергаться определенной критике, т.к. не полностью удовлетворяли требованиям, предъявляемым к решению метрологических задач. Для устранения этих несоответствий к началу 90-х годов с участием ряда международных организаций был разработан документ, содержащий новую концепцию описания результатов измерений. Основными положениями документа являются:

- отказ от использования таких понятий, как истинное и действительное значение измеряемой величины, погрешность, точность измерения, случайная и систематическая погрешность;

- введение нового термина «неопределенность» - параметра, связанного с результатом измерения и характеризующего дисперсию значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине;

- разделение составляющих неопределенности на два типа: А и В.

При составлении отчета о результате измерения физической величины необходимо дать какое-нибудь количественное указание о качестве результата так, что бы можно было оценить его надежность. Без этого результаты измерений нельзя сличать как друг с другом, так и со справочными значениями величин. Поэтому необходимо наличие методики для оценки неопределенности результата измерений. В идеале, метод должен быть применим ко всем видам измерений и всем типам входящих данных. Величина, непосредственно используемая для выражения неопределенности, должна быть: внутренне согласующейся, независимой и допускающей передачу.

Часто необходимо давать результат измерения с указанием интервала, в пределах которого находится большая часть предполагаемых значений, которые обоснованно могут быть приписаны величине, подлежащей измерению. Таким образом, метод для выражения и оценки неопределенности измерения должен предоставить возможность указать интервал с вероятностью охвата или уровнем доверия, который реально соответствует требуемому.

УДК 618.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ НЕФТЯНОГО ГАЗА НА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Р.М. ГАБДУЛЬЯНОВ, З.Р. ВАХИДОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Широкий круг задач, решаемый нейронными сетями (НС), не позволяет в настоящее время создавать универсальные, мощные сети, вынуждая разрабатывать специализированные НС, функционирующие по различным алгоритмам. В настоящее время существует большое количество разнообразных типов НС, предназначенных для решения различных задач. Эти модели отличаются структурой связей, правилами определения весов или правилами обучения, программирования.

В данной работе основным объектом исследований является процесс горения нефтяного газа, а его определяющим эксплуатационным параметром в топках тепловых электрических станций – количество тепла, от которой зависят надежность и экономичность работы оборудования и т. д. Учитывая, что на эксплуатационные параметры процесса горения оказывают влияние

условия сложного теплообмена, зависящие от вида топлива, способа его сжигания, конструкции котла, типа и расположения горелок. В данной работе предпринята попытка использования искусственных НС для прогнозирования эксплуатационных характеристик нефтяного газа от следующих параметров: соотношения компонентов состава, плотности горючего и количества подаваемого воздуха.

Таким образом, в работе апробирована разработанная методика для решения задач прогнозирования количества теплоты сгорания на программной среде разработки NeuroPro, позволяющего проектировать интеллектуальные программные модули, обучать их и тестировать. Изучена возможность прогнозирования параметров: количество теплоты сгорания на основании вводимых в программное средство данных о:

- нефтяном газе [соотношение компонентов состава, объема воздуха и плотности горючего];
- конструктивных особенностях котельных установок;
- окружающих условиях.

УДК 621.391.26

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА МАТЛАВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОКАНАЛЬНОГО СИГНАЛА С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

А.Д. ГАРИФУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Современные тенденции повсеместного перехода от традиционной аналоговой техники к цифровым технологиям обуславливают важность и актуальность разработки и внедрения разнообразных систем цифровой обработки сигналов различного назначения, включая и цифровые фильтры (ЦФ). Проектирование ЦФ заключается в выборе типа ЦФ, его порядка и расчете значений коэффициентов вычислительного алгоритма ЦФ по задаваемой амплитудно-частотной характеристике (АЧХ), обеспечивающей требуемую для прикладных задач фильтрацию цифрового сигнала. Последний этап является основным и наиболее трудоемким с математической точки зрения. Одним из путей решения данной проблемы является применение специализированных прикладных программных пакетов, к числу которых относится, прежде всего, MATLAB и его пакет расширения для обработки сигналов – Signal Processing Toolbox. Пакет

MATLAB имеет набор встроенных функций как для расчета коэффициентов ЦФ, так и для проведения моделирования работы ЦФ и исследования его характеристик.

В работе проводится проектирование ЦФ для часто встречающейся на практике задачи выделения требуемого канала из многоканального сигнала с частотным разделением каналов. Главная задача в этом случае состоит в подавлении узкополосной интенсивной помехи, в качестве которой выступают соседние по частоте каналы. В работе исследуются ЦФ двух различных типов – нерекурсивные и рекурсивные. Средствами пакета MATLAB проводятся расчеты коэффициентов и исследование характеристик проектируемых ЦФ при задании различных значений порядка фильтров. Показано, что только применение рекурсивных ЦФ эффективно решает задачу выделения требуемого канала из многоканального сигнала.

УДК 621.165.46.001

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ КАРТА НЕПОЛАДОК КОНДЕНСАТОРА ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

И.Ф. ГАТАУЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Разработка автоматизированных систем диагностики неполадок (АСДН) оправдана в случаях сложного и опасного производства, использования дорогостоящего и высокопроизводительного оборудования. Эта система в режиме реального времени сможет контролировать истинное состояние оборудования, обнаруживать зарождающуюся неисправность, устанавливать причину неудовлетворительной работы и рекомендовать определенные действия по их устранению.

Цель работы разработать диагностическую карту конденсатора паротурбинной установки.

Одна из основных задач на сегодняшний день повышение точности диагностики неполадок теплообменных аппаратов. Это возможно при использовании детерминированных алгоритмов диагностики.

Основными неполадками конденсатора являются засорение трубок, образование солевых и биологических отложений на их поверхности, коррозия и механические повреждения трубок, неисправности эжектора, повышенная вибрация. В данной работе составлена диагностическая карта

основных неполадок конденсаторов с указанием основных их признаков и причин, а также методов их диагностики

Вид неполадки	Причины	Методы диагностики
1. Отложения на внутренней поверхности трубок	Нарушения ВХР	Параметрическая идентификация модели теплообменника
2. Нарушение целостности трубок	Разрыв трубок, коррозия	Проверка гипотез, материальные балансы
3. Внутренняя коррозия	Нарушения ВХР	Проверка гипотез, доверительные интервалы
4. Слабый отсос воздуха из аппарата	Присосы воздуха и неисправность эжектора	Материальные и тепловые балансы
5. Ослабление креплений аппарата	Нарушение креплений	Методы корреляционного и спектрального анализов

УДК 681.586.8

ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОКА И МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ И НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ХОЛЛА

Р.Р. ГИНИЯТУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Датчики тока, магнитной индукции, цифровые и аналоговые магнитные сенсоры на основе эффекта Холла находят в настоящее время все более широкое применение в самых различных областях, таких как, например, расходомерия жидкостей и газов, механические системы компьютерного периферийного оборудования (принтеры, сканеры, плоттеры), двигатели постоянного и переменного тока, системы идентификации и многочисленные другие применения.

Наиболее важной областью использования таких датчиков является измерения величин магнитной индукции и тока. Приборы данного класса, в частности тесламетры – измерители магнитной индукции, являются важнейшей составной частью современных исследовательских лабораторных комплексов и установок в физике твердого тела, конденсированных сред, магнитных явления и радиоспектроскопии.

Элементная база современной электроники позволяет создавать простые, надежные и относительно недорогие многоканальные измерители магнитной индукции, обладающие в то же время достаточно неплохими параметрами. Одной из причин использования многоканальных измерителей магнитной индукции является требование контроля и измерения параметров магнитных полей в нескольких точках пространства или полей с различными направлениями вектора магнитной индукции.

На основании вышесказанного можно заключить, что на проектирование и разработка многоканальных измерителей магнитной индукции имеет важное значение и актуальность в области информационно-измерительной техники и приборостроения.

В данной работе предпринята попытка проектирования прототипа многоканального измерителя магнитной индукции с возможностью контроля тока в силовых цепях источников магнитного поля и при этом выработать комплекс теоретических знаний, практических навыков и подходов к разработке приборов данного класса.

УДК 618.3

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

К.В. ГУСЕВ, П.Е. ЛЮБИМОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Р. МУХУТДИНОВ

Теория искусственных нейронных сетей (ИНС) является активно развивающимся направлением науки. ИНС являются математическим аналогом биологических нейронов мозга. Основные перспективы использования ИНС связаны с решением сложных практических задач. Применение ИНС в управлении теплоэнергетическим оборудованием является актуальной и перспективной задачей.

В работе представлен анализ современного состояния информационно-управляющих систем на основе регуляторов, а также осуществляется рассмотрение, сравнение и выбор регуляторов для управления эксплуатационными параметрами теплоэнергетического оборудования. Проведен сравнительный анализ классических и нейросетевых регуляторов, по результатам которого даны оценки по точности и быстродействию регулирования.

В работе разработана функциональная схема модели системы регулирования, отражающая процессы, происходящие в двух контурах регулирования. Представлена методика разработки модели парового котла с применением нейро-регуляторов на основе модели системы парового котла типа ДЕ-6,5-14ГМ с ПИД-регуляторами при помощи пакета Simulink программы MATLAB. Рассмотрены преимущества пакета Simulink над другими инструментами моделирования. Разработана методика создания виртуальной системы управления на основе ПИД- и нейро-регуляторов, и изучена возможность замены ПИД-регулятора на нейро-регулятор в системах управления. Результаты моделирования системы автоматического регулирования работы парового котла подтвердили работоспособность разработанной модели. Регулирование по температуре модели парового котла с применением нейро-регуляторов происходит быстрее, чем с ПИД-регуляторами в 2 раза.

Таким образом, применение нейросетевых регуляторов в модели парового котла более целесообразно, т.к. они обеспечивают лучшее быстродействие по сравнению с ПИД-регуляторами.

УДК 681.121.4

ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСХОДОМЕР С КОМПЕНСАЦИЕЙ ЭФФЕКТОВ ТЕПЛООВОГЛИЯНИЯ

И.Р. КАСЫМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Современная расходометрия имеет в своем арсенале множество различных развитых методов, измерительных схем и технических средств. Однако существуют области применения, где реализация классических измерительных методов и схем не всегда позволяет реализовать надежные и точные измерительные системы. Ярким примером является расходометрия жидких химически активных веществ (нефелинивестковая пульпа, алюминатные растворы, шлам, мазут, бензол, сера, гидрогенизат), которая применяется в измерительных системах нефтехимического производства и теплоэнергетических установках, где скорость протекания потенциально опасных веществ в различных технологических процессах и его температура является важнейшими параметрами.

Одной из основных проблем классической расходометрии сред содержащих механические включения является то, что в процессе

эксплуатации происходит интенсивное воздействие этих сред на стенки канала и механические части измерительных элементов, например в ротационных расходомерах. Применение методов тепловой расходомерии позволяет свести к минимуму влияние механических воздействий, однако, при использовании классических измерительных схем не удается добиться высокой точности измерений из-за некомпенсированного теплового воздействия среды.

В данной работе предлагается измерительная схема позволяющая учесть эффекты тепловых потерь и ее применение для проектирования термоанемометрического расходомера.

Результаты, которые удалось получить в работе могут иметь практическую ценность и потенциально могут быть использованы для дальнейшего изучения и расширения представлений об использовании новых измерительных методов и схем тепловых расходомеров для построения измерительных приборов с применением средств современной микроэлектронной базы.

УДК 535.214.4

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ РАДИОМЕТР-КОМПОРАТОР ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОНА ВЕЛИЧИН ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЯРКОСТИ И РАДИОЦИОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Н.И. КАТКОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Отношение коэффициентов использования излучения для приемника МГ-32А с окном из германия и КРС-5 для одной и той же температуры будет выглядеть так:

$$\frac{\gamma_{Ge}}{\gamma_{KPC}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P(\lambda, T) \cdot S_{\lambda}^{Ge} d\lambda}{\int_{\lambda_3}^{\lambda_4} P(\lambda, T) \cdot S_{\lambda}^{KPC} d\lambda}, \quad (1)$$

где S_{λ}^{Ge} и S_{λ}^{KPC} – ОСХЧ приемника с окном из Ge и КРС-5;

λ_1, λ_2 – границы ОСХЧ приемника с окном из Ge;

λ_3, λ_4 – границы ОСХЧ приемника с окном из КРС-5.

Поскольку пластинка из германия с двухсторонним однослойным просветлением имеет пропускание на длине волны максимума $\tau_{max}=0,97$, и среднее пропускание пластинки из КРС-5 $\tau_{KPC}=0,7$, то перевести пороговую чувствительность приемника с окном из Ge в чувствительность – с окном из КРС-5 можно следующим образом:

$$\frac{\gamma_{Ge}}{\gamma_{KPC}} = \frac{\tau_{max}^{Ge} \int_0^{30} P(\lambda, T) \cdot S_{\lambda}^{Ge} d\lambda}{\tau_{KPC} \int_{0,5}^{50} P(\lambda, T) \cdot S_{\lambda}^{KPC} d\lambda}, \quad (2)$$

Поскольку в диапазоне от 0,5 до 50 мкм заключено более 98% потока излучения от МЧТ при рассматриваемых температурах, то можно воспользоваться заменой.

Таким образом, с учетом вышеизложенных допущений порог чувствительности МГ-32А с окном из КРС-5, измеренный по МЧТ при температуре $T = 573$ К, должен остаться таким же как, и с окном из Ge (за счет более широкого диапазона чувствительности). Коэффициент использования излучения для приемника с окном из КРС-5 по отношению к самому себе будет близок к единице и постоянен для всех температур.

УДК 681.12

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СУХИХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MCS51 В ИНТЕРВАЛЕ ОТ 0 ДО 10 КПА

И.И. КАШАПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время одним из наиболее динамично развивающихся направлений в области элементной базы измерительных систем является разработка полупроводниковых датчиков.

Фирма Motorola является одним из лидеров в области производства датчиков давления. Это достигается использованием запатентованного элемента X-duser в качестве основы кристалла датчика, тогда как в традиционных полупроводниковых датчиках давления используются четыре чувствительных к давлению и температуре резистора.

Датчики давления предназначены для измерений и преобразований избыточного давления жидкостей и газов в нормированный выходной сигнал

постоянного тока или напряжения. Датчики могут применяться для работы со вторичной, регистрирующей и показывающей аппаратурой в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

Применяя при создании датчиков давления сочетание таких современнейших методов производства, как лазерная, компьютерная настройка, тонкоплёночная металлизация, микромеханическая и биполярная полупроводниковая технологии, компания Motorola добилась наилучшего сочетания себестоимости производимых датчиков давления и их высокой конкурентоспособности за счёт получения высокоточной линейной характеристики аналогового выходного сигнала, пропорционального прилагаемому давлению.

Совершенствование полупроводниковых технологий открывает новые возможности для миниатюризации компонентов и реализации интегрированных решений для широкой номенклатуры изделий.

В данной работе была рассмотрена автоматизация системы измерения давления с использованием датчика фирмы Motorola MPX2010.

Внедрение полной автоматизации процесса измерения давления позволит существенно уменьшить субъективный фактор оценки и погрешность обработки результата измерений. Это приводит с одной стороны к удешевлению датчиков, а с другой – делает их более удобными и простыми в использовании.

УДК 681

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ НА ТЭЦ

Е.Д. КОЗЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Существующее состояние мазутного хозяйства Казанской ТЭЦ 2, как и многих других электростанций России устарело. Большинство оборудования подвергалось ремонту, но не модернизировалось. Практически вся запорно-регулирующая арматура регулируется вручную. В качестве показывающих и регистрирующих приборов используются аналоговые приборы. Для создания информационно-измерительной системы требуется провести ряд мероприятий:

1. установить интеллектуальные датчики для измерения параметров мазута, пара и расхода;

2. дополнить запорно-регулирующую арматуру электроприводами для возможности управления в автоматическом режиме;

3. создание компьютерной модели работы мазутного хозяйства.

В данной работе проведен анализ используемого оборудования мазутного хозяйства Казанской ТЭЦ. Осуществляется компьютерное моделирование работы автоматизированной системы управления запорно-регулирующей аппаратуры. Ведется поиск подходящего оборудования - первичных преобразователей, регистрирующих и показывающих приборов, контроллеров. Выявляются достоинства и недостатки различных подходов к управлению.

УДК 621.383

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ВЕЛИЧИН ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЯРКОСТИ РАБОЧИМ СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЙ

В.Г. МИХЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время в передовых странах мира широко внедряются новые информационно-измерительные технологии на базе персональных компьютеров и программируемых логических контроллеров, в основу которых положены международные стандарты на аппаратные и программные средства автоматизации. Данные измерительные технологии являются важнейшим фактором повышения эффективности и качества научных и прикладных исследований.

В данной работе рассматриваются вопросы автоматизации процесса измерений на метрологическом комплексе МК-100, предназначенном для поверки и калибровки измерительных стендов и ИК излучателей в величинах энергетической яркости (ЭЯ) и радиационной температуры (РТ). Основным объектом автоматизации МК-100 на данном этапе является организация приема и обработки сигналов с мультиметров Agilent 3458A. Разработан программный продукт, позволяющий управлять работой мультиметров с помощью специального интерфейса, регистрировать и сохранять показания мультиметров на персональном компьютере, рассчитывать на их основе значения единиц энергетической яркости и радиационной температуры по

соответствующему алгоритму, отображать графически изменение измеряемых величин во времени. Вся информация сохраняется в базе данных, которая имеет следующие возможности:

- 1) автоматическая обработка результатов измерений, их документирование и хранение в базе данных;
- 2) автоматический поиск средств измерений по номеру (типу, принадлежности) для проведения его поверки;
- 3) ввод новых (ранее не поверявшихся, в том числе вновь разработанных) средств измерений;
- 4) автоматическое сохранение результатов измерений при поверке средств измерений по годам.

Программа реализована в объектно-ориентированной среде программирования Delphi.

Автоматизация сбора и обработки информации при проведении калибровки измерительных стендов с помощью МК-100 позволяет:

- устранить субъективную ошибку в процессе сбора информации;
- проводить анализ результатов измерений с применением современных компьютерных технологий;
- ускорить процесс сбора и обработки информации;
- оперативно обращаться к результатам измерений;
- снизить финансовые затраты на калибровку измерительных стендов.

УДК 681.3

АППРОКСИМАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ В СИСТЕМЕ MATLAB

А.Ф. НОГМАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.В. АНДРЕЕВ

Во многих областях науки и техники возникает необходимость аппроксимации статистических распределений с целью либо экстраполяции экспериментальных данных, либо – восстановления недостающих.

В работе показана эффективность использования системы компьютерной математики MATLAB для решения этой задачи на примере экспериментально полученных статистических распределений.

УДК 621.311

МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.В. САДРИЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Системы электроснабжения имеют такую структуру соединения и взаимодействия элементов, которая не может быть сведена ни к параллельно-последовательной, ни к последовательно-параллельной схеме, так как в каждом из звеньев применяются секционирующие выключатели, образующие «мостиковые» схемы, как например, в трансформаторной подстанции 110/10 кВ.

Силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы (сокращенно трансформаторное оборудование – ТО) являются основными элементами подстанции 110/10 кВ, определяющими надежность и экономичность их функционирования. Отказы в работе или аварийные отключения ТО приводят к значительным убыткам. Существенное сокращение затрат должен дать переход от нормативно установленных сроков ремонта силовых трансформаторов к проведению ремонта в зависимости от их фактического состояния. Основным инструментом внедрения этой концепции являются системы мониторинга.

Установка систем мониторинга на трансформаторы позволяет:

- продлить срок службы значительной части трансформаторов;
- существенно сократить эксплуатационные затраты, исключив ремонты, проводимые в определенные сроки обслуживания без учета состояния оборудования, проводя ремонт только в зависимости от фактического состояния оборудования;
- наиболее полно использовать ресурсы имеющегося трансформаторного оборудования.

Цель данной научно-исследовательской работы заключается в получении оценки функции надежности трансформаторов, оценки риска отказа на разных временных интервалах эксплуатации и сравнение показателей надежности в зависимости от типа охлаждения и завода изготовителя. Мониторинг и анализ надежности был проведен в специализированном модуле пакета STATISTICA.

УДК 519.876.5

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ САПР ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПОНОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Л.Р. САМИГУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Развитие современных измерительных приборов и комплексов идет по пути не только совершенствования методов измерения, применения современной компонентной базы микроэлектроники и новейших интеллектуальных первичных преобразователей. Важнейшим фактором создания высокотехнологичной конкурентоспособной продукции в приборостроении является применение новых перспективных средств проектирования и дизайна корпусов, органов управления и вспомогательных компонентов измерительных приборов с использованием экологичных ресурсосберегающих материалов.

Следствием этих требований является необходимость комплексного внедрения в производство систем автоматизированного проектирования, трехмерного моделирования и промышленного дизайна, которые позволяют решать задачи создания полного трехмерного цифрового прототипа прибора и управления жизненным циклом изделия, верификацию его элементов и сборок до изготовления физических макетов.

Одной из частных актуальных задач внедрения и эффективного применения современных машиностроительных САПР в приборостроении является задача создания трехмерных моделей пластиковых изделий компоновки измерительного прибора и оснастки их литьевых пресс-форм с целью формирования полной технической документации для их производства.

В данной работе представлены результаты практического применения инструментов машиностроительных САПР для проектирования оснасток литьевых пресс-форм пластиковых изделий измерительного прибора, системы подачи и охлаждения в них, а также исследование процессов заполнения и кинематических зависимостей.

Результаты, полученные в работе имеют вполне определенную практическую направленность и развивают представления о методологии комплексного применения систем компьютерного моделирования для создания цифрового прототипа изделия в области приборостроении.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОТЛОАГРЕГАТА МАРКОВСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

И.С. СЕЛЬСКАЯ, КГЭУ, г. Казань

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

На современном этапе развития электроэнергетики наряду с вопросами совершенствования технологий всё большую актуальность приобретают вопросы рациональной организации, эксплуатации и управления функционированием сложных технических комплексов. К таковым относятся, как теплоэлектроцентраль в целом, так и отдельные элементы оборудования, например барабанные котлы, эксплуатируемые ТЭЦ. Задачи управления надёжностью электро- и теплоснабжения потребителей энергии, обоснование мер, направленных на обеспечение промышленной безопасности энергообъектов и предотвращение возникновения аварийных ситуаций продолжают оставаться актуальными.

Вопросы надёжности функционирования котлоагрегатов рассматриваются совместно с надёжностью работы теплоэлектроцентрали в целом. Целью настоящей работы является разработка методики оценки надёжности работы системы котлоагрегатов как отдельно выделенного объекта. Оценка надёжности даёт достаточно полное представление об эффективности функционирования технического объекта в нормальных условиях эксплуатации. Однако, при эксплуатации котлов возможны опасные воздействия на элементы сети, не предусмотренные условиями нормальной эксплуатации и приводящие к чрезвычайным ситуациям.

Надёжность это не только бесперебойная и безотказная работа какого-либо аппарата, а также и уверенность в завтрашнем дне. В частности, это касается материальных затрат. Неотъемлемой частью надёжной работы котлоагрегата является энергосбережение.

Проблема энергосбережения в настоящее время представляет собой стратегическое направление деятельности не только отдельных предприятий, но и экономической политики государства в целом. Одним из основных важнейших направлений энергосбережения является снижение затрат топливных ресурсов на производство энергии.

Решение перечисленных задач будет способствовать выполнению требований по обеспечению надёжности работы ТЭЦ в условиях развивающихся конкурентных отношений в электроэнергетике.

УДК 004.42

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

М.Ф. ТАНСЫККУЖИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.Е. ЛЕОНТЬЕВ

Диспетчерский уровень современных распределенных информационно-измерительных систем реализуется на основе универсальных и промышленных вычислительных машин, основным предназначением которых является управление, конфигурирование элементов нижнего уровня, а также диспетчеризация информационных потоков от них. Фундаментальным компонентом этого уровня является прикладное и системное программное обеспечение, реализующее совокупность функций направленных на мониторинг состояний элементов нижележащих уровней, организацию их согласованной работы, обработку, накопление и представление информации.

Одной из важнейших задач построения диспетчерского уровня информационно-измерительных систем, является проектирование и разработка современного программного обеспечения с применением новейших перспективных технологий доступа, хранения и обработки данных, технологий и инструментов программирования.

Анализ существующего программного обеспечения поддержки информационно-измерительных систем, в частности в системах автоматизированного коммерческого учета энергии показывает, что несмотря на развитую функциональность таких программных средств, в них имеет место использование унаследованных устаревающих программных технологий.

В связи с этим становится актуальным исследование возможности применения перспективных технологий хранения, программной обработки массивов измерительной информации, реализации развитых интерфейсных средств и средств визуализации данных с учетом дальнейших перспектив развития.

В данной работе предприняты попытки разработки прототипа прикладного программного комплекса обеспечения поддержки измерительного процесса с применением новейших инструментальных средств программирования, компонентной базы, технологий визуализации, обработки и хранения данных.

УДК 681.3:678

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ

Г.Э. ТУКЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

асп. П.Е. ЛЮБИМОВ

В настоящее время эпоксидные полимеры находят широкое применение для изоляции и защиты покрытий. Это объясняется удачным сочетанием в них высоких механических свойств, химической стойкости и хороших электроизоляционных показателей с технологичностью исходных смол и композиций на их основе. Для улучшения качества изоляции из эпоксидной смолы нужно составить правильную пропорцию входящих в её состав пластификатора и отвердителя, и определить качественную механическую характеристику композита. Поэтому актуальным вопросом является разработка нейросетевой модели для оптимизации состава изоляционного материала для нахождения максимальной прочности при изгибе.

Целью данной работы является разработка нейросетевой модели для прогнозирования эксплуатационных параметров (в частности, прочность на изгиб) изоляционного материала на основе эпоксидной композиции.

В работе используется среда разработки NeuroPro, достоинством которой является возможность вычисления показателей значимости входных данных, которая отображается в виде гистограммы. Значения экспериментальных данных вводились в базу знаний без предварительного отсева. Затем эта база данных помещалась в программу NeuroPro, где создавалась искусственная нейронная сеть (ИНС), т.е. определялись входные и выходные данные, ее структура. Входными данными являются: соотношения компонентов состава (%), плотность (г/см³), удельная теплоемкость (кДж/кг), электрическая прочность (tg δ), диэлектрическая проницаемость (ξ). Выходной параметр прочность при изгибе. После чего производилось обучение заданной НС по заложенному алгоритму и тестирование обученной сети. После обучения системы осуществлялось тестирование, которое показало точность прогноза до 3 % относительной погрешности.

Таким образом, разработана интеллектуальная нейросетевая модель для прогнозирования эксплуатационных параметров (прочность на изгиб) изоляционного материала на основе эпоксидной композиции и показана эффективность решения задач.

УДК 618.3:621.1

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Н.А.ТЯПИН, КГЭУ, г. Казань

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

канд. техн. наук, доц. З.Р. ВАХИДОВА

Теория искусственных нейронных сетей (ИНС) является активно развивающимся направлением науки. ИНС являются математическим аналогом биологических нейронов мозга. Основные перспективы использования ИНС связаны с решением сложных практических задач. Применение ИНС в управлении теплоэнергетическим оборудованием является актуальной и перспективной задачей.

Целью данной работы является анализ современного состояния информационно-управляющих систем на основе регуляторов, а также осуществляется рассмотрение, сравнение и выбор регуляторов для управления эксплуатационными параметрами теплоэнергетического оборудования. Проведен сравнительный анализ классических и нейросетевых регуляторов, по результатам которого даны оценки по точности и быстродействию регулирования.

В работе разработана функциональная схема модели системы регулирования, отражающая процессы, происходящие в двух контурах регулирования. Представлена методика разработки модели парового котла с применением нейро-регуляторов на основе модели системы парового котла типа ДЕ-6,5-14ГМ с ПИД-регуляторами при помощи пакета Simulink программы MATLAB. Рассмотрены преимущества пакета Simulink над другими инструментами моделирования. Разработана методика создания виртуальной системы управления на основе ПИД- и нейро-регуляторов, и изучена возможность замены ПИД-регулятора на нейро-регулятор в системах управления. Результаты моделирования системы автоматического регулирования работы парового котла подтвердили работоспособность разработанной модели. Регулирование по температуре модели парового

котла с применением нейро-регуляторов происходит быстрее, чем с ПИД-регуляторами в 2 раза.

Таким образом, применение нейросетевых регуляторов в модели парового котла более целесообразно, т.к. они обеспечивают лучшее быстродействие по сравнению с ПИД-регуляторами.

УДК 621.391.26

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ САПР ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ПРОТОТИПОВ ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Д.Ш. УСМАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время, предприятия современного приборостроительного сектора находятся в стадии глубокой модернизации технологической оснащённости производственных процессов, и в первую очередь переосмысления подходов к процессам проектирования новых современных изделий своей продукции в соответствии с современными требованиями.

Требование эффективностей производства, выпуск конкурентоспособной продукции, возможность использования современных технологических процессов и оборудования в производстве – все это обуславливает необходимость изменения подходов к проектированию изделий приборостроения. Внедрение в производственных процессах станков с ЧПУ предполагает полное предварительное компьютерное моделирование изделий, создания трехмерных параметрических моделей в соответствии с технологией цифрового прототипа изделия, которая позволяет произвести верификацию элементов и их сборок до изготовления физических макетов.

В соответствии с этим, актуальным становится задача внедрения и эффективного применения существующих программных комплексов трехмерного цифрового моделирования, их интеграция со средами схематического проектирования, автоматизированными системами управления производством и технологическими процессами.

В данной работе представлены предварительные результаты исследования и сравнительного анализа методов и средств современных машиностроительных САПР для разработки цифровых прототипов элементов измерительных приборов. В частности, предприняты попытки применения машиностроительных САПР для проектирования элементов

изделий приборостроения из листового металла (корпусы приборов), а также компонентов пластиковых изделий и их литьевых форм.

Результаты, полученные в работе имеют вполне определенную практическую направленность и развивают представления о методологии комплексного применения систем компьютерного моделирования для создания цифрового прототипа изделия в области приборостроения.

УДК 535.241.624

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КАЛИБРОВКИ КОНТРОЛЬНО-ПОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Р.Н. ФАРЗИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время для определения характеристик оптико-электронных приборов (ОЭП) применяется различная контрольно-поверочная аппаратура (КПА), которая, в свою очередь, должна проходить процедуру калибровки в соответствующих единицах физических величин.

В качестве источника излучения в КПА используется тест-объект, состоящий из источника фонового излучения, перед которым устанавливается мира. Мира представляет собой металлическую пластинку, в которой вырезаны прямоугольные отверстия для создания периодической структуры, состоящей из четырех прорезей и трех черненных полос.

Для калибровки КПА используются различные методики. При калибровке КПА необходимо измерять радиационную температуру (РТ) черненных полос и температуру фонового излучателя в прорези миры.

Калибровка КПА осуществляется при помощи радиометра-компаратора К-100. Процедура калибровки, заключающаяся в поочередном измерении РТ всех штрихов и прорезей миры, требует достаточно много времени и высокой стабильности поддержания заданных уровней разности РТ (РРТ) между мирой и источником фонового излучения.

Для упрощения процедуры калибровки КПА в величинах РРТ предлагается использовать плату аналого-цифрового преобразователя (АЦП) TP801, имеющую режим работы «Самописец». Прием сигналов с помощью АЦП позволяет в течение не более 30 секунд прописать весь профиль миры. Одновременно с записью профиля миры, АЦП регистрирует сигналы с двух эталонных источников излучения, задающих «шкалу» РТ. Далее полученная

запись оцифровывается и проводится обработка результатов по соответствующей программе.

Применение АЦП позволяет сократить время измерения РРТ, создаваемой КПА, уменьшить субъективный фактор оценки результата измерения и снизить погрешность калибровки ОЭП за счет увеличения количества измерений.

УДК 541.13

КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СКОРОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОДИФфуЗИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

А.В. ФИРСОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, с.н.с. Е.А. ПОПОВ

Соблюдение скоростного режима течения водного потока в системах теплоснабжения позволяет обеспечить максимальный коэффициент теплоотдачи и, следовательно, экономичный расход энергоресурсов. Чтобы оперативно реагировать на отклонения скорости водного потока за пределы допустимых значений, необходимо проводить её мониторинг с помощью информационно-измерительных систем на основе соответствующих сенсоров. Среди таковых мы выделим электродиффузионные преобразователи (ЭДП), являющиеся классом электрохимических датчиков, которые отличаются чувствительностью по току и напряжению, малым потреблением мощности, низким уровнем шумов и высокой надёжностью.

Пусть скорость водного потока определяется амплитудным методом – измерением установившегося значения предельного тока диффузии. В этом случае могут возникнуть значительные погрешности измеряемой величины, связанные с неконтролируемым изменением площади электроактивной зоны измерительного электрода ЭДП при длительном его использовании и изменениями температуры водного потока. Чтобы минимизировать данную погрешность, ранее В.А. Белавиным был предложен новый подход, согласно которому производится измерение отношения двух значений предельного тока диффузии в разные моменты времени. Если ограничиться только этим, то можно исключить лишь ту составляющую погрешности, которая индуцируется неопределённостью значения площади электроактивной зоны измерительного электрода ЭДП. Для компенсации температурной составляющей предлагается дополнить упомянутый подход определением

температурной зависимости коэффициента тепловой диффузии рабочего иона электроактивной фазы водного потока, входящего в измеряемую величину. Особенности такого модифицированного подхода анализируются в данной работе.

УДК 535.241:624

СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОНА РАБОЧИМ СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЯ

К.Э. ФОМИН, КГЭУ, г. Казань

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

Проведение точных измерений характеристик оптического излучения в широком диапазоне длин волн является одним из основных требований развития таких отраслей современной науки, как воздушная и морская навигация, космические исследования и другие.

Целью работы является нахождение возможных способов снижения погрешности передачи единиц физических величин оптического излучения от вторичного эталона рабочим средствам измерения.

Современное состояние исследований поверхности Земли, развитие систем навигации, обнаружения и распознавания объектов характеризуется широким применением систем тепловидения и радиометрии.

Метрологическое сопровождение разработки, производства и эксплуатации тепловизионных и радиометрических приборов строится по принятой в России схеме «Государственный эталон» – «Вторичный эталон» – «Рабочий эталон» – «Оптико-электронный прибор». Основной передаваемой физической величиной является энергетическая яркость (ЭЯ) и определяемая по ней радиационная температура исследуемого объекта.

Вторичный эталон ЭЯ разработан и изготовлен в конце 80-х годов прошлого века и требует соответствующей модернизации для снижения погрешности воспроизведения и передачи величин ЭЯ. Можно выделить три основных направления модернизации: снижение погрешности воспроизведения физической величины эталоном, снижение погрешности при приёме данных и снижение погрешности обработки результатов.

Последние два направления модернизации реализуются разработкой системы автоматизации сбора и обработки данных при передаче величин ЭЯ и системы автоматизации самого процесса передачи величин ЭЯ.

По результатам проделанной работы будут разработаны общие рекомендации, на основе которых можно будет снизить погрешность передачи единиц физических величин оптического излучения для других вторичных эталонов.

УДК 004.045.00

СИСТЕМА ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Р.Р. ХАБИБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

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

До недавнего времени основным способом связи в системах охранной сигнализации было использование проводных телефонных линий для централизованной охраны объектов. К основным недостаткам этих систем можно отнести недостаточно устойчивую работу городских телефонных линий, их низкую физическую защищенность, отсутствие возможности охраны нетелефонизированных объектов. Поэтому в качестве альтернативы проводным охранным системам появились радиоканальные охранные системы различного радиуса действия. На сегодняшний день беспроводные системы на базе стандарта GSM получили широкое распространение благодаря их относительно невысокой стоимости, простоте установки и эксплуатации, новым функциональным возможностям.

В работе предложена система охранной сигнализации с двумя раздельными радиоканалами. Первый радиоканал ближнего радиуса действия (на частоте 433 МГц с дальностью порядка 50 м) связывает базовый блок с одним или несколькими выносными датчиками. Второй радиоканал, использует инфраструктуру сотовых станций мобильной связи стандарта GSM и служит для передачи сигнала оповещения на удаленный пункт. В качестве приемника и передатчика сотовой связи выбран стандартный (с минимальным набором функций) сотовый телефон. Передача тревожного сигнала (по сетям сотовой связи) производится по заранее установленному номеру, записанному в адресной книжке телефонного аппарата.

Для обеспечения радиосвязи ближнего радиуса действия в системе охранной сигнализации применены готовые модули (RF-микросборки) приемников и передатчиков фирмы Telecontrolli. Эти модули позволяют, во-первых, при необходимости легко изменить число и расположение датчиков, а во-вторых, оперативно установить датчики и базовый блок практически на

любом объекте, а затем также легко его демонтировать или изменить конфигурацию системы.

Предлагаемое устройство может использоваться как для охраны частных или служебных объектов, так и в целях их контроля – везде, где есть уверенное покрытие сетью сотовой связи.

УДК 621.391.26

ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА В СРЕДЕ MATLAB

Р.Ф. ХАЗИЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Эволюция цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) делает возможным и перспективным их все более широкое применение при решении задач проектирования и разработки информационно-измерительных приборов. Важнейшим применением функционально развитых ЦСП в области информационно-измерительной техники является их использование в качестве важнейшего компонента многоканальных систем сбора данных и обработки данных. Внедрение в системо- и схемотехнику средств цифровой обработки сигналов и цифровой фильтрации обусловлено также развитием сред вычислительной компьютерной математики, которые позволяют с наименьшими усилиями реализовать этапы синтеза и полного моделирования систем цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Таким образом, актуальной задачей инженерного проектирования приборов и систем информационно-измерительной техники является практика применения методов, средств и инструментов цифровой обработки сигналов, математических моделей и методов, а также программных инструментов синтеза и анализа систем ЦОС. Актуальность данной работы связана с тем, что рассмотрение практических примеров законченной реализации систем ЦОС, в частности, цифровых фильтров, а также описания этапов их инженерного проектирования практически не встречается в современной научной и литературе.

В данной работе приведены результаты синтеза и полного математического моделирования аппаратно-реализуемого цифрового фильтра с заданными характеристиками для обработки информационного сигнала сложной формы некоторого определенного вида, используя программные инструменты среды вычислительной математики MATLAB. В

ходе данной работы были выработаны комплекс знаний, практических навыков и подходов к разработке систем данного класса.

Предполагаемые результаты данной работы могут быть использованы для разработки функциональных узлов цифровой обработки сигналов информационно-измерительных приборов.

УДК 621.38

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Г.Д. ХАЙРУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Поддержание температуры в производственном помещении в определенном интервале значений часто является обязательным условием технологического цикла. В данной работе предлагается система автоматического поддержания температурного режима в инкубаторе. В основу системы положены интегральные цифровые датчики температуры фирмы Dallas Semiconductors – широко распространенные микросхема DS18S20 с цифровым однопроводным интерфейсом 1-Wire. Данный интерфейс позволяет легко конфигурировать систему температурного контроля, а сами датчики компактны, удобны и обеспечивают достаточную точность (0,5 °С).

Управление в системе осуществляется микроконтроллером AVR ATmega8. Температурный интервал и режимы работы можно задавать и регулировать с помощью трех кнопок управления. Все показания системы выводятся на семисегментный трехпозиционный индикатор. Устройство питается от сети переменного тока 220 В. Для питания цифровых микросхем и транзисторных схем в устройстве предусмотрен автономный блок вторичного электропитания.

В принципиальную электрическую схему устройства введена цепь принудительного аварийного отключения термонагревателя и соответствующая сигнализация на случай нештатных ситуаций. В системе также предусмотрена возможность управления дополнительными исполнительными механизмами, а именно – двигателем поворота лотков.

Предлагаемое устройство может использоваться не только в инкубаторах, но также в любых производственных и бытовых помещениях, где требуется автоматизация управлением климатическими и другими параметрами.

УДК 681.121.4

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА ЖИДКОГО МЕТАЛЛА С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕНКИ КАНАЛА

А.А. ШАЙХИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Современная расходомерия имеет в своем арсенале множество различных развитых методов, измерительных схем и технических средств. Однако, существуют области применения, где реализация классических измерительных методов и схем не всегда позволяет реализовать надежные и точные измерительные системы. Ярким примером является расходомерия жидких металлов, которые нашли широкое применение в системах теплообмена и охлаждения атомных реакторов, а также в некоторых других теплоэнергетических установках. Одной из основных проблем расходомерии таких сред как жидкие металлы является то, что в процессе эксплуатации происходит интенсивное осаждение окислов этих металлов на стенках каналов, что приводит к искажению результатов измерения.

Имеется ряд научных работ, в которых изложены результаты исследования новых измерительных методов позволяющих исключить влияние дополнительного омического сопротивления стенки канала.

Таким образом, использование новых методов и измерительных схем построения электромагнитных расходомеров имеет существенную перспективу и значительную актуальность в области разработки информационно-измерительной техники и приборостроения.

В данной работе предприняты попытки проектирования электромагнитного расходомера на основе измерительной схемы учитывающей влияние внешних факторов на измерения, в частности, изменяющегося сопротивления стенки канала.

Результаты, которые удалось получить в работе могут иметь практическую ценность и потенциально могут быть использованы для дальнейшего изучения и расширения представлений об использовании новых измерительных методов и схем электромагнитных расходомеров для построения измерительных приборов с применением средств современной микроэлектронной базы.

УДК 629.3.054.254

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВС ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА МАСЕЛ

И.И. ШАЯХМЕТОВ, КНИТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.А. ЯРОСЛАВЦЕВ

Современные строительные, погрузочно-разгрузочные и путевые машины требуют высококачественного и своевременного технического обслуживания с применением средств диагностирования. Эти средства позволяют полнее использовать межремонтный ресурс машин, устранить необоснованную разборку узлов и агрегатов, сократить простои машин из-за технических неисправностей, снизить трудоемкость текущего и капитального ремонта. В связи с этим все наибольший интерес получают методы повышения информативности оценки технического состояния ДВС.

Известно, что одним из методов оценки технического состояния ДВС является анализ рабочей жидкости системы смазки, состоящий из анализа попадающих в масло продуктов износа деталей двигателя. Но такой метод не получил повсеместного распространения в связи с невысокой информативностью. Однако данную ситуацию можно улучшить путем повышения информативности данного метода. Одним из способов является внедрение «маркирующих» материалов в детали износа, обеспечивающее существенное повышение информативности оценки технического состояния. Данный метод обеспечивает определение износа не более чем у 10 деталей. Для еще большего повышения информативности возможно использование данных о составе сплавов, используемых при изготовлении изнашиваемых деталей. В таком случае количество распознаваемых деталей без демонтажа и разборки увеличивается в 2-3 раза, т.е. до 20-30 деталей.

Целью моей работы является разработка программно-аппаратного комплекса по оценке технического состояния двигателя внутреннего сгорания, отличающегося от существующих аналогов более высокой информативностью оценки, а также более экономичным использованием временных и материальных ресурсов.

УДК 535.241.624

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ МОДЕЛЕЙ АБСОЛЮТНО ЧЁРНЫХ ТЕЛ

Р.М. ШИГАПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Радиометрическая и тепловизионная аппаратура должна фиксировать определенные уровни температуры с заданной погрешностью. Для калибровки приборов данного типа применяются специальные стенды, в состав которых входят источники излучения с известными характеристиками, в частности модели абсолютно чёрного тела (МЧТ), которые являются практической реализацией теоретических положений о полном излучении источника. В зависимости от того, насколько точно определены характеристики источников излучения, зависит точность калибровки радиометрической и тепловизионной аппаратуры в величинах энергетической яркости и радиационной температуры.

Существует два метода определения характеристик МЧТ:

1) расчётно-экспериментальный, основанный на экспериментальном определении коэффициентов излучения МЧТ, измерении их термодинамических температур с последующим расчетом энергетической яркости и радиационной температуры по известным зависимостям с учетом формы излучающей полости МЧТ

2) экспериментальное определение характеристик МЧТ, которое осуществляется следующими методами:

- метод, основанный на выравнивании потоков излучения двух чёрных тел, один из которых является эталонным,

- метод, основанный на использовании двух эталонных источников.

Предпочтительным является второй метод, позволяющий существенно сократить время калибровки, снизить влияние стабильности температуры калибруемого источника на результаты калибровки за счет сокращения времени одного цикла измерений.

УДК 681.586.74

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ИЗМЕРЕНИЕ ИОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ВОДНОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ

Ф.Ф. ШНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, с.н.с. Е.А. ПОПОВ

Известно, что соблюдение нормативов по химическому составу воды является важным условием при производстве электроэнергии в замкнутых циклах ТЭС и АЭС, а также в вопросах тепло- и водоснабжения потребителей. Превышение предельно допустимой концентрации ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , которое может возникнуть в ходе преподготовки и дальнейшей циркуляции водного теплоносителя в энергетической сети, активизируют процессы накипеобразования, что приведёт к перерасходу топливных ресурсов и преждевременному износу оборудования. При решении данной проблемы энергоресурсосбережения необходим постоянный мониторинг ионной концентрации, осуществляемый потенциометрическим методом электрохимии. Измерительный процесс можно проводить либо традиционным образом в лабораторных условиях, либо непрерывно, интегрируя измерительную систему в энергетическую сеть. В обоих случаях изменение температуры водного теплоносителя влияет на разность потенциалов мембранного датчика и, следовательно, должно учитываться при определении искомой ионной концентрации. Варианты того, как это сделать в измерительном процессе, рассматриваются в представляемой работе.

Если внутренний электрод и электрод сравнения одинаковы, то температурная зависимость измеряемой величины упрощается и входит только в мембранный потенциал, непосредственно связанный с концентрацией определённого иона в водном растворе. Этот факт учитывается при анализе способов компенсации влияния температурных изменений в измерительных схемах.

Показано, если температура водной среды меняется на временах, превышающих постоянную мембранного датчика, то результаты её изменения проще компенсировать при лабораторных условиях проведения измерительного процесса в противном случае более подходит схема непрерывных измерений.

УДК 615.47-114:616-07-08

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПОРАЖЕНИЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА ШТАММОМ *HELICOBACTER PYLORI*

А.Б. МАТАНЦЕВ, А.О. ТИМОФЕЕВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.О. УРАЗБАХТИНА

Helicobacter pylori – спиралевидная грамотрицательная бактерия, которая инфицирует различные области желудка и двенадцатиперстной кишки. Многие случаи язв желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритов, дуоденитов, и, возможно, некоторые случаи лимфом желудка и рака желудка этиологически связаны с инфицированием *Helicobacter pylori*.

Нами предлагается устройство, позволяющее качественно определить поражение слизистой оболочки желудка бактерией *Helicobacter pylori* как причину развития перечисленных выше заболеваний.

Принцип работы прибора основан на том факте, что закрепившись на поверхности слизистой, бактерия начинает вырабатывать уреазу, из-за чего в слизистой оболочке и слое защитной слизи поблизости от растущей колонии растёт концентрация аммиака. При расщеплении мочевины уреазой образуется углекислый газ, повышение концентрации которого в выдыхаемом воздухе наряду с повышением концентрации аммиака может говорить о бактериальном поражении слизистой оболочки желудка.

Измерительная часть прибора согласно принципу работы состоит из инфракрасного сенсора углекислого газа и полупроводникового сенсора аммиака. Концентрация аммиака также может быть измерена по изменению проводимости дистиллированной воды, через которую пропускается выдыхаемый газ.

Для повышения достоверности исследования измерения можно проводить в два этапа.

1) «Холостая проба» без специальной подготовки. При этом устанавливаются индивидуальные характеристики воздуха, выдыхаемого пациентом.

2) Проба с приёмом мочевины. Пациент принимает препарат, содержащий мочевину и по прошествии некоторого времени производится измерение. При значительном отклонении концентраций аммиака и углекислого газа в выдохе от первоначальных можно диагностировать возможность бактериального поражения слизистой оболочки желудка, и назначать дополнительные исследования.

Предлагаемое устройство позволит не только диагностировать возможную причину развития заболеваний желудочно-кишечного тракта, но и снизить стоимость такой диагностики, а также упростить саму процедуру диагностирования.

УДК 621.31:519.22

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

П.А. ПЯТКОВ, УГАТУ, г. Уфа

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

Повышение требований к функциональности и надежности бортовых электронных схем обуславливает широкое использование новых технологий, способных объединять все стадии разработки и производства в единый виртуальный процесс проектирования изделий, который оперирует с полностью цифровой моделью. При этом необходимо комплексно учитывать внутренние и внешние факторы, влияющие на тепловую и электрическую стойкость приборов.

Проведенный анализ внутренних и внешних факторов, определяющих область безопасной работы электронных схем, позволил разработать эффективную вычислительную процедуру, используемую при исследовании чувствительности временных характеристик электронных систем. Указанная вычислительная процедура базируется на принципах структурно-топологического анализа основных конструктивных вариантов электронных систем с использованием универсальных физических моделей их элементов в приращениях. Показано, что параметрические уравнения для этих многополюсников определяются видом исследуемых ветвей: линейный и нелинейный резистор, линейная и нелинейная емкость, линейная и нелинейная индуктивность, независимые источники тока и напряжения, зависимые (управляемые) источники - источник тока, управляемый током или напряжением, и источник напряжения, управляемый напряжением. Для всех перечисленных типов ветвей получены аналитические выражения, позволяющие рассчитывать параметры ветвей многополюсника в отклонениях по характеристикам исходного многополюсника.

СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

УДК 621.311.1

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СЕТЯХ 6/0,4 кВ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

А.П. НОВИКОВА, С.В. ВОЛКОВ, А.С. КУЗНЕЦОВ,
УГНТУ, г. Салават

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. **Р.Г. ВИЛЬДАНОВ**

Исследования параметров электрической сети 6 кВ показывает наличие гармонических составляющих в нагрузке и в сетевом напряжении ОАО «Газпром нефтехим Салават».

По диаграммам, полученным с помощью автоматизированной системы «НЕВА» можем оценить степень искажения синусоиды напряжения до седьмой гармоники; в нормальном режиме присутствие гармонических составляющих в сетевом напряжении лежит в пределах норм, установленных ГОСТ 13109-97. В ненормальных режимах их в напряжении сети больше нормы, что приводит к необоснованным срабатываниям устройств релейной защиты.

На практике зафиксированы случаи срабатывания токовой отсечки при пуске электродвигателей, т.к. уровень высших гармоник тока сильно возрастает, вторая гармоника может достигать 45 %, третья – 15 %, что может влиять на работу систем релейной защиты или ухудшать их характеристики.

Для снижения влияния высших гармоник в сети разрабатываются мероприятия, позволяющие отфильтровывать высшие гармоники в системе, уменьшая либо их отдельные составляющие, либо все составляющие.

В работе предложены меры по уменьшению влияния высших гармоник в сетях электроснабжения, а так же меры по улучшению качества работы систем РЗ и А на основе аппаратов способных анализировать высшие гармоники переходных процессов сети.

УДК 621.31

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КУЗБАССЕ

А.С. БЕССОНОВ, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. ст. преп. Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ

В современных условиях дефицита энергетических ресурсов все более важное значение приобретает проблема энергосбережения. Оставаясь одной из важнейших в России, проблема энергосбережения в промышленно развитом Кузбассе имеет особую остроту, т. к. энергетические ресурсы дорожают, а эффективность их использования, по-прежнему, остается недостаточно высокой. В этом отношении энергосбережение является важным инструментом снижения непроизводительного расхода энергетических ресурсов. Наряду с энергосбережением чрезвычайно актуальными в Кузбассе являются проблемы экологии. Они связаны, в первую очередь, с переработкой отходов угледобывающей промышленности, загрязнением атмосферы, нарушением земель и др.

Одним из наиболее эффективных способов решения указанных проблем является использование альтернативных источников энергии. Основными преимуществами альтернативных источников энергии является их возобновляемость, относительно низкая себестоимость и экологическая чистота. Особенно актуальными альтернативные источники энергии являются для малых поселений, где требуется небольшое количество электроэнергии, и крупная энергетика туда труднодоступна. Вместе с тем, в настоящее время широкое внедрение альтернативных источников энергии сталкивается с рядом трудностей.

Поэтому целью нашей работы является проведение оценки потенциала и эффективности внедрения различных альтернативных источников энергии на территории Кузбасса. На основании полученной оценки планируется построение территориальных карт потенциальных гелиоэнергетических, ветроэнергетических и гидроэнергетических ресурсов Кузбасса и разработка рекомендаций по внедрению альтернативных источников энергии в жилищно-коммунальный, бытовой и промышленный секторы региона.

Использование альтернативных источников энергии позволит комплексно подходить к решению проблем энергосбережения и экологии и будет способствовать повышению энергоэффективности экономики Кузбасса.

УДК 621.31

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УМНЫХ СЕТЕЙ SMART GRID В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ КУЗБАССА

А.С. ДЕМИНА, Е.Я. КОЛЕСНИКОВА, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. ст. преп. Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ

Электросетевой комплекс Кузбасса, как и России в целом, сегодня испытывает значительные трудности, связанные с тем, что оборудование электрических сетей изношено более чем на 70 %, а перебои в электроснабжении происходят все чаще. В связи с этим требуется полномасштабная модернизация электросетевого комплекса с применением современных инновационных решений.

Одним из эффективных решений является технология «умных сетей» (Smart Grid). Она позволяет создавать полностью интегрированную, саморегулирующуюся и самовосстанавливающуюся электрическую сеть, способную определять, когда имеют место пиковые нагрузки на сеть, и быстро распределять нагрузку таким образом, чтобы не происходило перебоев в электроснабжении.

Для оценки возможности и эффективности применения «умных сетей» в электросетевом комплексе Кузбасса нами планируется построение компьютерной модели региональных распределительных сетей с использованием технологии Smart Grid. Кроме того, необходимо подробное изучение организации взаимоотношений между потребителями и производителями электрической энергии разного уровня, определение энергообъектов, на которых внедрение данной системы наиболее актуально в ближайшее время, отработка различных инновационных технологий для их последующего внедрения в работу энергообъектов с использованием полученной компьютерной модели.

По предварительным оценкам, реализация технологии Smart Grid позволит уменьшить потери электроэнергии в региональных распределительных сетях на 20–25 % или на 300 млн. кВт·ч, т. е. эффект от внедрения «умных сетей» будет выражаться в повышении энергетической и экономической эффективности передачи и распределения электрической энергии. Таким образом, использование технологии Smart Grid позволит сделать значительный шаг к практической модернизации электросетевого комплекса Кузбасса.

УДК 621.3.064.1:621.313.1

УЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО МОМЕНТА ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ ТЭЦ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ САМОЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ

А.С. ДОЛГАНОВА, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ

При коротких замыканиях в системе электроснабжения, содержащей тепловые электрические станции, возможны нарушения устойчивости генераторов и двигателей собственных нужд. Для оценки возможности самозапуска двигателей на кафедре электроснабжения промышленных предприятий МГТУ им. Г.И. Носова разрабатывается и поэтапно внедряется на производстве программный комплекс автоматизированного режимного анализа КАТРАН, включающий в себя модуль расчета электромеханических переходных процессов в системе электроснабжения. Разработанный алгоритм расчета основан на сочетании метода последовательных интервалов и модифицированного метода последовательного эквивалентирования.

В данной работе была получена зависимость $M_{\text{мех}} \sim \omega$. Сложность построения этой зависимости обусловлена работой питательного насоса на сеть со значительным противодавлением, вызванным давлением в барабане котла.

В качестве примера рассмотрено построение механической характеристики для ПЭН-7 третьей очереди ТЭЦ ОАО «ММК»; на III очереди установлены три питательных насоса ПЭ-580-200.

Характеристика противодействующего момента будет складываться из четырех составляющих: M_1 – момент от сил сухого и жидкостного трения; M_2 – момент от сил жидкостного трения; M_3 – момент при работе насоса на закрытый обратный клапан; M_4 – момент при работе насоса на открытый обратный клапан. Суммарная характеристика получена на основе главной характеристики машины, а также характеристики сети, учитывающей статический и динамический напоры.

Полученные зависимости используются для оценки возможности самозапуска двигателей после отключения коротких замыканий в системе собственных нужд ТЭЦ или в системе электроснабжения предприятия при численном интегрировании дифференциального уравнения движения ротора двигателей при расчете переходного процесса. Это дает возможность проанализировать быстрдействие релейной защиты и автоматики и разработать рекомендации по коррекции уставок.

УДК 621.3.05

ОБОСНОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СРЕДНЕЙ УДЕЛЬНОЙ РАСЧЕТНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ КВАРТИР

А.С. ШЕВАРУХИН, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, с.н.с. В.М. ЕФРЕМЕНКО

Потребление электроэнергии на коммунально-бытовые нужды с шестидесятых до восьмидесятых годов прошлого века увеличилось в девять раз и продолжает возрастать, такая же тенденция наблюдается и на бюджетных предприятиях. Это происходит из-за увеличения количества и мощности бытовых приборов в квартирах, появления различной офисной техники в офисных помещениях, установки кондиционеров, ионизаторов воздуха и т.д. Бюджетным организациям средства для расчёта за потребляемые энергоресурсы выделяются за месяц до расчётов за них. При этом не существует методики расчёта предполагаемого электропотребления для обоснования объёма денежных средств, заявляемых руководителями предприятий.

Согласно проекта приказа министерства регионального развития Российской Федерации от 28.05.2010 №262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» годовое электропотребление определяется по удельной расчетной мощности установленного электрооборудования с учетом годового числа часов ее использования. Для жилых зданий допускается определять годовое электропотребление по средней удельной расчетной мощности установленного электрооборудования равной $0,015\text{кВт}/\text{м}^2$ площади квартир для квартир с электроплитами и $0,01\text{кВт}/\text{м}^2$ для квартир с газовыми плитами при годовом числе использования расчетной мощности 3500 и 3000 часов соответственно. Приказ составлен на основании Федерального закона от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Результаты исследований, проведенные в жилых домах, показали, что фактическая средняя удельная расчетная мощность электроприемников превышает указанную в приказе на 10 % в домах с электрическими плитами и на 21 % в домах с газовыми плитами. Величины удельного электропотребления, указанные в приказе, требуют подробного изучения и обоснования.

УДК 628.646

МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.Ю. АРТЕМЬЕВ, БрГУ, г. Братск

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

Для эффективного внедрения ветроэнергетики в экономически целесообразную практическую реализацию требуется решение ряда технико-экономических, правовых, теоретических задач. Важным является оценка, обоснование и анализ эффективности ветроэнергетических установок (ВЭУ).

Повысить качество анализа решений по развитию ветроэнергетики района можно использованием систем поддержки принятия решений. Рынок подобных программных продуктов (ПП) развит лишь за рубежом. В России подобные ПП доступны лишь узкому кругу специалистов. Кроме того, как правило, ПП позволяют лишь непосредственно оценить ветропотенциал на основе замеров скорости ветра на местности. Широкий круг вопросов остается не решенным при использовании программного обеспечения.

В работе представлена созданная методика анализа принятия решений по развитию ветроэнергетики на основе использования современных методов многокритериального анализа и методов принятия решений при нечеткой исходной информации. Методика реализована в программном комплексе на языке программирования Delphi.

В расчётах могут использоваться как точные данные (архивы с метеорологических станций), так и приближённые, основанные на распределении скоростей ветра. Производится учёт розы ветров и микрорельефа подстилающей поверхности. Также предусматривается анализ метеорологических данных и анализ вариантов размещения ВЭУ на местности с учётом технических и экологических ограничений. При учёте графика нагрузки потребителя или задания покрытия необходимой мощности методика позволяет оценивать экономическую целесообразность внедрения ВЭУ с учетом рисков. Доступно сравнение технических характеристик ВЭУ.

Существующее программное обеспечение ориентировано на использование полной и четкой информации, в данной методике предусмотрен анализ в условиях неполной и нечеткой информации. Что позволяет повысить эффективность анализа применения ВЭУ.

Методика апробирована на районах Северо-востока России, где показана целесообразность применения ВЭУ даже в некоторых районах, обладающих сравнительно низким ветроэнергетическим потенциалом.

УДК 621.311.42

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ В ТРАНСФОРМАТОРОСТРОЕНИИ

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

На основании федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» должна быть экономия энергоресурсов ежегодно на 5 % и более с применением новых энергосберегающих технологий, использования оборудования с малыми потерями, экономии электроэнергии при транспортировке и т.д. Одним из путей реализации экономии электроэнергии является использование современных электроустановок, позволяющих экономить энергоресурсы и повышать качество электроэнергии, а также уменьшать затраты при их эксплуатации и ремонте.

Основным оборудованием системы электроснабжения любого предприятия является силовой трансформатор, который при его эксплуатации имеет значительные потери как в режиме под нагрузкой, так и в режиме холостого хода. Например, у трансформаторов ТМ-250 кВА потери холостого хода составляют 740 Вт. Эти трансформаторы не имеют устройства регулирования напряжения под нагрузкой и требуют капитального ремонта через каждые 8-10 лет эксплуатации. Наиболее перспективным путем снижения затрат на производство и эксплуатацию силовых распределительных трансформаторов является замена магнитопровода из холоднокатаной электротехнической стали на магнитопровод из аморфных (нанокристаллических) сплавов. Использование трансформаторов с магнитопроводом из аморфных сплавов позволяет сократить потери энергии в сердечнике трансформатора на 80 % по сравнению со стальным аналогом. Ежегодная экономия электроэнергии при эксплуатации данного трансформатора составила бы 5185,92 кВт·ч, что в денежном выражении 21780 тыс. рублей при существующем тарифе 4р. 20 коп. для промышленных предприятий.

Другой особенностью этих трансформаторов является наличие устройства регулирования под нагрузкой, которое позволяет повысить качество электроэнергии, снизить потери при транспортировке электроэнергии, уменьшить расход энергии при функционировании подключенных к ним аппаратов.

Таким образом, замена маслонаполненных трансформаторов на трансформаторы новых моделей позволяет получить ежегодный экономический эффект за счет снижения потерь холостого хода на один трансформатор мощностью 250 кВ

УДК 621.316.1

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ СЕТИ 0,4 кВ

Д.А. СТАНЬКОВ, филиал МЭИ в г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.И. АРТЕМОВ

А равный 5185,92 тыс. рублей. Если бы во всех действующих в мире трансформаторах установить сердечники из аморфных (нанокристаллических) сплавов. То среднегодовая экономия энергии составила бы 40 млн. кВт·ч.

Сетевые аварии являются основной причиной повреждения электрооборудования и перерывов в электроснабжении. К ним можно отнести такие нарушения, как обрыв одной из фаз вследствие обрыва самой линии, перегорания плавкой вставки или отключение автомата одной фазы. Нарушения по напряжению, связанные с авариями в питающей электрической сети и нарушениями, связанными со снижением сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения, приводящими к коротким замыканиям.

Совершенно очевидно, что применение надежной и эффективной защиты от аварийных режимов работы сети, сократит количество и частоту аварийных ситуаций и обеспечит бесперебойность электроснабжения потребителей, и продлит срок службы их электроприемников. Применение мониторов напряжения для постоянного контроля параметров сетевого напряжения и управления трехфазными электроустановками путем отключения их от электрической сети в случае наступления аварийных режимов: недопустимых перепадов напряжения (скачки и провалы напряжения), обрывы, слипания, перекосы, снижения изоляции до минимального допустимого уровня и АПВ после возвращения параметров сети в норму. Это предотвратит значительное количество разрушений ЭО потребителей. Как показывает статистика, то до 80 % аварий электродвигателей напрямую или косвенно связаны именно с авариями сетевого напряжения.

Возможны два варианта применения мониторов напряжения: индивидуальных для каждого ЭП или создание централизованной системы контроля. Современные микропроцессорные системы позволяют создать комплексную систему защиты и управления, рациональное построение которых может значительно упростить аппаратуру защиты, т.е. отказаться от применения повсеместно автоматов с микропроцессорными расцепителями.

Нами разрабатывается вариант микропроцессорной централизованной защиты, контролирующей все выше перечисленные нарушения в сети.

УДК 658.26:621.311.1

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕСИММЕТРИИ, НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ И ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Е.В. ЧЕМОДАНОВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

На сегодняшний день актуальными задачами являются энергосбережение и энергоэффективность, для реализации которых принят и действует Федеральный Закон №261-ФЗ «Об энергоэффективности» от 27.11.2009 г.

Один из путей реализации данного закона на практике – улучшение качества электроэнергии, которое предполагает широкое участие в этом процессе электросетевых компаний. Для улучшения качества электроэнергии необходимо оценить влияние качества электроэнергии на работу электроприемников и экономическую целесообразность установки нового оборудования. Оценка влияния качества электроэнергии на работу электроприемников позволит применить комплекс мер по снижению потерь электроэнергии, увеличению срока службы оборудования и, в конечном счете, послужит повышению энергоэффективности производства, экономии электроэнергии, снижению издержек производства.

Оценка влияния качества электроэнергии производится путем моделирования работы электрооборудования для основной частоты и для каждой гармоники в отдельности. При этом учитываются режимы работы электрооборудования, указанные в производственных регламентах конкретного предприятия. Моделирование целесообразно проводить на ЭВМ с помощью пакетов математического программного обеспечения, например «Mathcad» или аналогичных.

Итоги исследования показывают, что влияние несимметрии и несинусоидальности на работу электрооборудования ОАО «Птицефабрика

«Акашевская» незначительно, а уровень дополнительных потерь от данных параметров качества значительно меньше потерь на основной частоте.

Потери электроэнергии вызваны, в основном, протеканием токов основной частоты и их можно снизить путем уменьшения напряжения трансформатора, либо заменой существующего трансформатора на аналогичный по мощности с устройством регулирования под нагрузкой.

Рассчитанные значения годового потребления электроэнергии на ОАО «Птицефабрика «Акашевская» позволили рассчитать экономический эффект данного мероприятия: 184420 руб./год.

УДК 621.31 (651.76)

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ ЧЕТЫРЕХФАЗНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Е.И. МАЛЕЕВА, СВФУ, г. Якутск

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

В статье рассматривается возможность электроснабжения нетяговых потребителей строящихся железных дорог и промышленно-хозяйственных прилегающих инфраструктур с помощью четырехфазных электрических систем, основой которых являются четырехфазные линии являющиеся сдвоенными линиями «Два провода – рельс» вдоль железной дороги и «Два провода – земля» на прилегающей к железной дороге территории. Приводится сравнительный анализ между существующими трехфазными системами и предлагаемыми четырехфазными.

Конструкция четырехфазной линии электропередачи зависит от класса напряжения (область применения – сети с изолированной нейтралью, 6-35 кВ). Линия 35 кВ может быть выполнена либо на П-образных опорах, либо на двух отдельных стойках по два провода на каждой. Последние должны быть разделены расстоянием, чтобы при падении одной стойки вторая не пострадала. Это, во-первых, исключает короткое замыкание всех четырех фаз, а значит, при повреждении двух фаз линия может быть переведена в режим ДПЗ и сохранится передача части мощности. Во-вторых, можно предусмотреть ремонт линии по частям (по две фазы) с сохранением электроснабжения потребителей оставшимися двумя фазами по системе ДПЗ. В этом случае по надежности четырехфазная электропередача сопоставима с двумя цепями трехфазной. Другой, не маловажный факт, это меньшие затраты на строительство и монтаж – во-первых, четыре провода вместо шести, во-вторых, легче опоры, в третьих, при выполнении на деревянных

опорах линия может выполняться на одной опоре, при этом стоимость сооружения всего на 20% дороже монтажа одноцепной трехфазной линии.

Простейшая схема четырехфазной электропередачи приведена на рисунке 1.

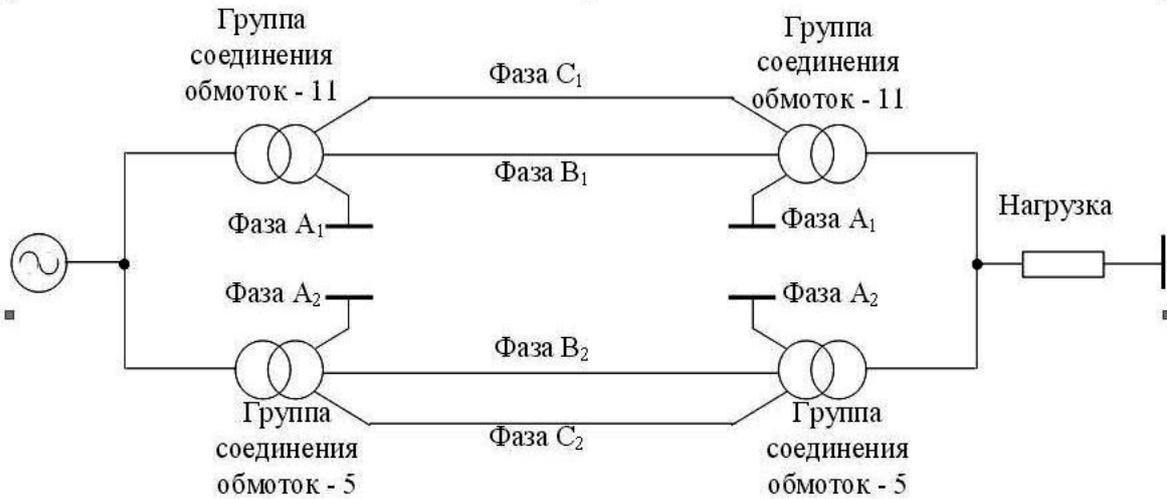


Рис. 1. Четырехфазная линия

УДК 621.316

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.И. ХМЕЛЕВСКАЯ, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.С. КОЖЕВНИКОВА

Одним из способов повышения надежности электроснабжения нефтеперерабатывающего предприятия (НПЗ) является приближение

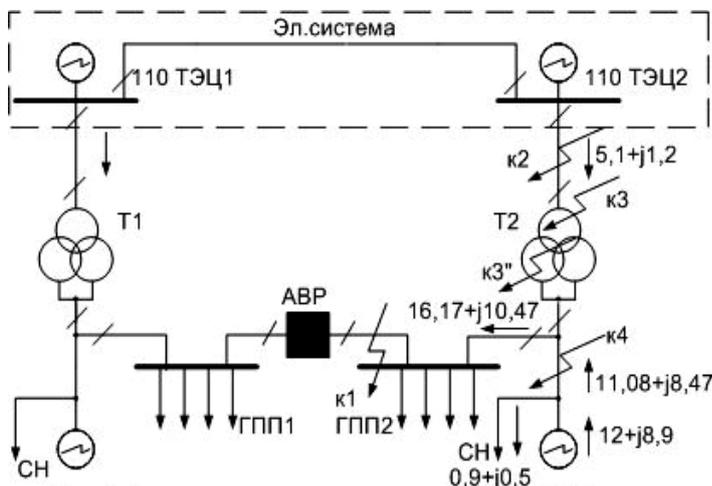


Рис1. Структурная схема узла нагрузки НПЗ

производителей электрической и тепловой энергии к центрам потребления. С этой целью НПЗ оснащаются собственными энергокомплексами, состоящими из парогенератора, турбины и синхронного генератора. Энергокомплекс обеспечивает питание потребителей совместно с энергосистемой. Подключение двух энергокомплексов мощностью по 12МВт для

параллельной работы с энергосистемой требует предварительного анализа статической и динамической устойчивости генераторов в схеме электроснабжения НПЗ.

На рис 1 представлена схема, на которой указаны перетоки мощности при нормальной работе генераторов и возможные места повреждений – точки К1÷К4. Нагрузки трансформаторов сбалансированы. Обработка результатов расчета устойчивости генераторов в схеме электроснабжения НПЗ производилась с участием автора доклада. Расчеты показали, что при наиболее тяжелом режиме питания потребителей коэффициент запаса статической устойчивости по мощности $K_{зп}=2,39$. Таким образом, статическая устойчивость обеспечивается и имеется возможность увеличения подключаемой нагрузки.

Максимальный угол выбега ротора генераторов составляет 45° при совместной работе обоих генераторов на аварийную нагрузку. После отключения КЗ в послеаварийном режиме возникают синхронные качания генератора. Так как угол выбега ротора меньше 90° то не существует угрозы потери динамической устойчивости и перехода генератора в асинхронный режим. Поэтому нет жестких требований к времени отключения КЗ т.е к времени действия релейной защиты вводов секции 6 кВ ГПП и к времени отключения выключателя.

УДК 621.311.42

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

И.И. ЛЕКОМЦЕВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

Марийская энергосистема является дефицитной по электрической мощности. Недостаток собственных генерирующих мощностей покрывается за счет электрической мощности, получаемой из соседних энергосистем по единой национальной электрической сети.

По информации Министерства экономического развития и торговли Республики Марий Эл в 2015 году планируется строительство цементного завода в деревне Русские Шои Куженерского района мощностью 22 МВт.

Намечается усиление сети 220 кВ, для чего предусматривается строительство ВЛ 220 кВ Дубники - Лебяжье (~60 км, из которых ~20 км по территории республики, провод АС-300), со строительством ВЛ 220 кВ

Дубники - Лебяжье потребуются дополнительная реконструкция ОРУ 220 кВ ПС Дубники по схеме «Четырехугольник».

Строительство ВЛ 220 кВ Дубники-Лебяжье и дальнейшая модернизация и реконструкция ОРУ 220 кВ и ОРУ 110 кВ ПС Дубники позволит повысить надежность электроснабжения ответственных потребителей (НПС) как на территории Кировской области, так и на территории Республики Марий Эл, и позволит в дальнейшем развивать северный район Республики Марий Эл с учетом перспективных планов.

УДК 621.31.12

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

К.М. ВОРОБЬЕВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

Для определения величины воздействия провала напряжения на технические средства введено понятие области уязвимости, за пределами которой величина напряжения позволяет нагрузке функционировать без нарушений. Граница ее зависит от места возникновения провала напряжения, вида короткого замыкания, суммарной протяженности линий электропередач, на которые воздействует провал напряжения, характера нагрузки, схем соединения обмоток трансформаторов, установленных в системе электроснабжения и др., т.е. является функцией большого количества переменных. Если обозначить воздействующие факторы как независимые переменные: x_1 – протяженность линии электропередачи, x_2 – характер нагрузки (активная, активно-индуктивная и др.), x_3 – схема соединения обмоток трансформаторов, x_4 – вид короткого замыкания, x_5 – место возникновения провала напряжения, x_6 – продолжительность провала, x_7 – глубина провала, то граница области уязвимости Y определится как функция данных независимых переменных: $Y = f(x_1...x_7)$. Принятие во внимание большого количества воздействующих факторов обусловлено классификацией оборудования по восприимчивости к провалам напряжения:

1) оборудование, восприимчивое к глубине провала напряжения; продолжительность провала и частота провалов для таких электроприемников вторичны и не играют особой роли;

2) оборудование, восприимчивое к глубине и продолжительности провала напряжения и не восприимчивое к частоте провалов;

3) остальное оборудование, восприимчивое к глубине, продолжительности и частоте провалов напряжения.

Таким образом, для правильной оценки воздействия провала напряжения на работоспособность распределительных сетей 10 кВ необходима оценка провала напряжения в комплексе, т.е. с учетом характеристик длительности, глубины и частоты появления провала.

УДК 621.316.016.25

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ВЫБОРЕ МОЩНОСТИ И МЕСТ УСТАНОВКИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Р.В. БЕЛЯВСКИЙ, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, с.н.с. В.М. ЕФРЕМЕНКО

Выбор мощности и мест установки компенсирующих устройств в промышленных электрических сетях является оптимизационной задачей, цель которой состоит в нахождении такого решения, которое обеспечивает максимальный экономический эффект при соблюдении всех технических условий нормальной работы электрических сетей и оборудования. При этом постановка задачи может рассматриваться в различных вариантах. В одном из вариантов суммарная мощность компенсирующих устройств задается априорно, например, исходя из условия баланса реактивной мощности. Тогда задача заключается в том, чтобы оптимально распределить заданную мощность по узлам электрической сети.

В этом случае задача оптимизации размещения компенсирующих устройств может быть решена с использованием метода неопределенных множителей Лагранжа. Данная задача была решена нами для модели системы электроснабжения промышленного предприятия. Критерием оптимизации являлся минимум потерь активной мощности в сети. Ограничение вводилось по установленной мощности компенсирующих устройств.

Использование метода неопределенных множителей Лагранжа показало достаточно высокую эффективность полученных результатов. Очевидным преимуществом данного метода является относительная простота математической интерпретации задачи, а также возможность учета различных технических ограничений, которые вводятся в функцию Лагранжа вместе с целевой функцией. Помимо ограничения по установленной мощности компенсирующих устройств в задачу также могут быть введены

ограничения по загрузке компенсирующих устройств, напряжению в узлах сети, статической устойчивости нагрузки и т. д. Это позволит комплексно подходить к задаче выбора мощности и мест установки компенсирующих устройств, более точно описывать ее условия, получая тем самым решения, в наибольшей степени соответствующие реальной задаче, и будет способствовать повышению эффективности мероприятий по компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях.

УДК 621.314

АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ВДОЛЬТРАССОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.С. МОЧАЛИН, инж., ОАО «Гипрогазцентр»
Науч. рук. канд. техн. наук, доц., О.В. КРЮКОВ

Схемные решения существующих систем электроснабжения магистральных газопроводов (МГ) имеют свои особенности: значительные протяженности трубопроводов, рассредоточенность вдольтрассовых потребителей по трассе МГ, удаленность от существующих внешних источников и сетей, малые электрические нагрузки линейных потребителей (от 2 до 25 кВт).

Выполнен анализ схем электроснабжения вдольтрассовых потребителей магистральных газопроводов. Данный анализ показывает, что при реконструкции и новом строительстве используются следующие автономные источники питания (АИП): микротурбинные установки, паротурбогенераторы (преобразователи на базе ОРМАТ), поршневые электроагрегаты, установки на топливных элементах, ветроэнергетические установки, солнечные батареи, турбодетандерные установки, каталитические термоэлектрические установки, двигатели Стирлинга.

В работе рассмотрены вопросы разработки альтернативных схем электроснабжения вдольтрассовых потребителей магистральных газопроводов с применением АИП, дан сравнительный анализ применения различных автономных источников питания в зависимости от характера нагрузки и местоположения потребителей и оценка эффективности применения АИП в схемах питания вдольтрассовых потребителей магистральных газопроводов.

УДК 621.316.1

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

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

В настоящее время для искусственного освещения и облучения в теплицах и оранжереях все более широкое распространения получают газоразрядные лампы. В этих лампах для получения светового потока используется газовый разряд в среде низкого или высокого давления. Из всех газоразрядных источников видимого излучения в сельскохозяйственном производстве наибольшую распространенность получили люминесцентные лампы и лампы типа ДРЛ и ДНаТ. Вольт-амперная характеристика таких ламп имеет нелинейный характер, что приводит к появлению в сети высших гармоник тока, причем только нечетных из-за симметричности характеристики относительно начала координат.

Для анализа уровней высших гармоник тока и напряжения были проведены измерения на предприятии ОАО «Тепличное», которое использует лампы ДРЛ, ДНаТ в качестве источников света в период досветки растений. На основании полученных данных даны рекомендации по повышению качества электрической энергии.

УДК 621.317.089.68

АНАЛИЗ ОТКЛОНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

О.А. САВИНКИНА, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Г. ЗАХАРОВА

С каждым годом наблюдается тенденция роста номенклатуры потребителей электроэнергии и их потребляемой мощности. В свою очередь это приводит к отклонениям показателей качества электроэнергии (ПКЭ) от допустимых норм. До недавнего времени очень мало внимания уделялось качеству электроэнергии в городских распределительных сетях.

Для четкого анализа и представления данной проблемы были проведены опытные замеры на различных потребителях в городских распределительных сетях с помощью анализаторов качества электроэнергии. Объектами данного исследования были: спортивный городской комплекс, театр, общеобразовательные учреждения и объекты жилого сектора различной конфигурации. Анализ этих замеров показал, что ПКЭ на всех объектах городских сетей не соответствуют нормам, установленным ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». В точках общего присоединения к сетям напряжением 0,4кВ наблюдаются отклонения таких ПКЭ, как: отклонение фазных и междуфазных напряжений δU_v , коэффициент n -й гармонической составляющей $K_{U(n)}$, коэффициенты искажения синусоидальной формы кривой напряжения K_U , размахи колебаний напряжения δU_t , доза фликера P_{St} и P_{Lt} , коэффициенты несимметрии обратной K_2 и нулевой последовательностей K_0 . Рассматривая суточный график зависимости ПКЭ от времени различных объектов, можно сделать вывод, что отклонения ПКЭ в основном приходятся на время использования максимума нагрузок. Основной причиной данного явления может быть неготовность существующей городской электрической сети нести величину и характер сегодняшней нагрузки. Другими словами, происходит моральное старение электрических сетей городов. На основании проведенных опытных замеров для дальнейшего анализа и выявления ряда причин отклонений показателей качества электроэнергии была построена математическая модель городской распределительной сети.

УДК 621.31.11

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

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

В настоящее время особое внимание уделяется вопросам энергосбережения и энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии.

Территория Республики Марий Эл составляет 23200 км². Общее число малых рек достигает 476 при общем протяжении в пределах республики –

7264,2 км. По предварительным оценкам 58 рек обладает достаточной водосборной площадью, достаточной для сооружения малых ГЭС.

Годовой валовой приход солнечной радиации в республике Марий Эл составляет для горизонтальной приемной площадки порядка 26000 МВт/ч.

Интенсивность ветровой деятельности характерна для республики в осенне-зимний период, а среднемесячная скорость ветра составляет 5 м/с при которой значения мощности потока составляет $0,13 \text{ кВт/м}^2$, а в отдельные периоды достигает до 15 м/с с мощностью потока 2 кВт/м^2 .

В республике имеются значительные запасы торфа пригодных для энергетических целей (зольность до 25 %), площадь торфяных месторождений составляет 47 тыс. га.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4 кВ

П.В. ЯЦЕНКО, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. ДАШКОВ;

ст. преп. А.С. ДОБРОСОТСКИХ

Действующим законодательством поставщику электроэнергии предписывается поставлять покупателю электроэнергию в конкретном определенном количестве и соответствующего качества.

Действующим законодательством поставщику электроэнергии предписывается поставлять покупателю электроэнергию в конкретном определенном количестве и соответствующего качества.

Авторами проведены работы по инструментальному исследованию качества электрической энергии в системах электроснабжения различных объектов (промышленные предприятия, городские электрические сети, электрические станции и т.п.) с использованием приборов «ЭРИС-КЭ.01» и «Ресурс-UF2». В данной работе подробно рассматривается качество электрической энергии в системе электроснабжения хирургического корпуса Самарского государственного медицинского университета.

Измерения параметров качества электроэнергии проводились в течение четырех временных интервалов. Каждый интервал измерения принимался равным 7 суток.

Контроль параметров качества электроэнергии осуществлялся:

- на шинах ВРУ хирургического корпуса при питании ВРУ от силового трансформатора №1 трансформаторной подстанции ТП А;

- на шинах ВРУ хирургического корпуса при питании ВРУ от силового трансформатора №2 трансформаторной подстанции ТП А;

- на шинах 0,4 кВ трансформатора №1 ТП А;

- на шинах 0,4 кВ трансформатора №2 ТП А.

По результатам замеров было установлено:

- фактическое напряжение на шинах распределительного щита, установленного на IV этаже корпуса составило 1,05 номинального напряжения;

- загрузка трансформатора Т2 на 43 % выше, чем у трансформатора Т1.

В докладе приведены мероприятия по обеспечению рациональных режимов работы системы электроснабжения.

УДК 621.311.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К ТОКАМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В РУ 110-220 кВ УЗЛА ЦЭС – ПС №30 МАГНИТОГОРСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УЗЛА

Р.Б. ЖУМАБАЕВА, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

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

Проверка выключателей распределительных устройств на термическую и электродинамическую стойкость к токам короткого замыкания, а также по отключающей способности является весьма важной инженерной задачей. Как правило, такие расчеты проводятся при проектировании электроустановок, однако необходимость в их выполнении зачастую возникает при реконструкции электрических сетей и при развитии генерирующих мощностей. В частности, подобные задачи часто приходится решать при реконструкции и развитии систем электроснабжения крупных промышленных предприятий с наивысшим классом напряжения 110-220 кВ и собственными электрическими станциями.

В данной работе в качестве примера был рассмотрен Магнитогорский энергетический узел. С помощью программного комплекса (ПК) КАТРАН рассчитывались мгновенные значения периодических и аperiodических токов при коротких замыканиях. В связи с тем, что сети 110-220 кВ работают с эффективно заземленной нейтралью, выполнялась проверка как по условиям трехфазного КЗ, так и однофазного КЗ.

Постоянная времени аperiodической слагающей определялась по значениям активной и реактивной составляющей периодического тока для каждой точки сети. Амплитудные значения периодических слагающих

определялись по результатам расчета электромеханического переходного процесса. Ударный ток и полный ток короткого замыкания в момент размыкания контактов выключателя определялись по кривым переходного процесса, создаваемым разработанным ПК. Расчеты проводились как для существующей схемы узла - нормально отключены ПС-90-ПС-60 и ЦЭС-ТЭЦ, так и для замкнутой кольцевой сети 110 кВ.

На основании полученных результатов были проверены выключатели (масляные и элегазовые) при КЗ различных видов с учетом влияния местных источников и неоднородности сетей. По результатам расчетов можно сделать вывод, что для всех выключателей обеспечивается запас по электродинамической стойкости и тепловому импульсу, а по периодическому и полному токам отключения выключатели находятся в наихудших условиях.

УДК 621.31

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

С.А. ШУНАЕВ, филиал МЭИ в г. Смоленск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. КАВЧЕНКОВ

Рассматривается задача оптимизации электропотребления в соответствии с общими принципами управления сложными системами. Глобальная задача оптимизации декомпозируется на множество локальных задач, в числе которых прогнозирование величины электрической нагрузки.

Этап прогнозирования заключается в выявлении закономерности электропотребления в виде энергетических характеристик отдельных структурных подразделений. В этом случае определение расхода электроэнергии производится по каждому подразделению с учетом структуры производства, состава и мощности оборудования. Анализ по статьям расхода позволяет выявить технологическую операцию, в которой произошел необоснованный перерасход электроэнергии. Основой при плановых расчетах по этому методу являются математические модели, построенные на базе статистического материала деятельности производственной структуры. Предпосылкой использования математико-статистических методов для прогнозирования электропотребления на уровне цеха или предприятия является то, что реальные связи между энергетикой и технологией не могут быть заключены в рамки строго функциональных

зависимостей с их однозначностью и симметрией в отношении зависимых переменных. Статистический подход позволяет учесть неопределенность информации и обойтись без специальных экспериментов, почти невозможных в условиях действующего производства.

В ходе работы получены новые результаты позволяющие построить алгоритм выявления весомых параметров из множества производственных, по парным коэффициентам корреляции электропотребления и рассматриваемого параметра. Метод позволяет исключать параметры с ложной корреляцией в области коэффициента корреляции $r > 0,9$. Таким образом, во-первых, удалось избежать избыточной сложности модели, без существенной потери точности. Во-вторых, наглядно проявилось взаимодействие ряда параметров, которое ранее искажалось ложной корреляцией.

Произведенные расчеты показали, что ошибка прогнозирования при использовании данной модели находится в интервале 7-10 %.

УДК 621.317

КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

С.С. СКОРОБОГАТОВ, ОГУ (ф), г. Орск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. САБЛИН

Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) создается для обеспечения финансовых расчётов на оптовом рынке электроэнергии. Объектами АИИС КУЭ являются Ириклинская ГРЭС (ИГРЭС) и Ириклинская ГЭС. Внедрение проекта базируется на решениях по техническим и программным средствам в части измерительно-информационных комплексов точек измерений, информационно-вычислительных комплексов электроустановок и информационно-вычислительного комплекса для объектов ИГРЭС.

При этом система учета должна выполнять следующие основные функции:

- автоматическое измерение 30-минутных приращений активной и реактивной электроэнергии, характеризующей оборот товарной продукции, а

также автоматическое измерение 3-минутных приращений активной и реактивной электроэнергии и мощности для турбогенераторов ГРЭС и генераторов ГЭС;

- контроль достоверности полученных результатов измерений;
- получение агрегированных показателей коммерческого учета с условием возможного изменения электрических схем объектов ИГРЭС и возможностью сведения данных в отчет с последующей рассылкой по электронной почте клиенту.

УДК 621.316.1

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

А.Ф. НУГУМАНОВА, Т.А. ТИМЕРБУЛАТОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.К. ПОТАПЧУК;
канд. техн. наук, доц. Т.Ю. ВОЛКОВА

В настоящее время на большинстве промышленных предприятий произошло существенное снижение объемов производства, что привело к снижению энергопотребления.

В следующей работе рассматривается приборостроительный завод (ПЗ). ПЗ представляет собой в целом компактную электроустановку, сосредоточенную на ограниченном пространстве и имеет близко расположенные центры питания (ЦП). Это обстоятельство является благоприятным фактором в плане модификации сети, с целью сокращения потребляемой электроустановкой реактивной мощности.

По данным фактического потребления электроэнергии предприятием за 2007-2009 гг. видно, что электрическая энергия является существенным фактором в составе себестоимости выпускаемой продукции.

Анализ зимнего и летнего характерных суточных графиков нагрузки показал, что средневзвешенный зимний суточный $\cos \varphi = 0,83$, а летний – 0,65. Все данные свидетельствуют о необходимости компенсации реактивной мощности в местах потребления в распределительной сети 0,4 кВ.

Энергетическое обследование предприятия является основой для выработки технических и технологических мер, обеспечивающих повышение эффективности использования энергии.

Обследование ПЗ показало, что в распределительной сети 6 кВ основными составляющими потерь являются потери холостого хода трансформаторов.

Технико-экономический анализ позволил сформулировать технические решения, связанные с модификацией распределительных сетей с целью снижения потребляемой реактивной мощности.

Следующим техническим предложением является компенсация реактивной мощности в местах потребления с помощью конденсаторных батарей, в частности в цехе, в котором наблюдается достаточно стабильное потребление реактивной мощности (приблизительно 20 кВАр в рабочее время). На остальных объектах, прошедших энергетическое обследование, необходимо проведение комплекса мероприятий по выравниванию нагрузки по фазам. На ПЗ также необходимо провести комплекс организационно-технических мероприятий связанные с нормированием энергопотребления по подразделениям.

УДК 621.311

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ГАЗО-ХИМИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»

О.А. ИОНЦЕВА, В.И. ЯГУДИН, УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ВИЛЬДАНОВ

Применение энергосберегающих технологий, снижение потерь электрической мощности и электроэнергии являются актуальными задачами современной электроэнергетики.

Газо-химический завод «Газпром нефтехим Салават» питается от РТП-41, к секциям которой подключены следующие нагрузки: *I* секция: два высоковольтных синхронных двигателя $P=1600$ кВт, один асинхронный двигатель $P=320$ кВт на напряжение 6 кВ, суммарная низковольтная нагрузка $P=610$ кВт, $Q=300$ кВАр; *II* секция: один высоковольтный синхронный двигатель $P=1600$ кВт, один высоковольтный асинхронный двигатель $P=220$ кВт, один асинхронный двигатель $P=320$ кВт на напряжение 6 кВ; суммарная низковольтная нагрузка $P=600$ кВт, $Q=300$ кВАр.

Сравнительный анализ проводился на модели, составленной в программе MATLAB Simulink. В работе рассмотрены три варианта компенсации реактивной мощности: установка высоковольтных батарей конденсаторов (ВБК); установка низковольтных батарей конденсаторов (НБК); перевозбуждение синхронных машин.

При отсутствии компенсации реактивной мощности измерен $\cos\varphi$ на высокой и низкой стороне секции *I*. Значения $\cos\varphi$ оказались равными: на стороне 6 кВ $\cos\varphi=0,908$; на стороне 0,4 кВ $\cos\varphi=0,897$.

Перевозбуждением синхронных двигателей мощностью 1600 кВт добились $\cos\varphi=0,95$ на стороне 6 кВ (исходный $\cos\varphi=0,908$) и $\cos\varphi=0,897$ на стороне 0,4 кВ (исходный $\cos\varphi=0,897$). На низкой стороне $\cos\varphi$ не изменился из-за того, что секции 0,4 кВ получают реактивную энергию с секции 6 кВ. Использованием ВБК на стороне 6 кВ получили $\cos\varphi=0,951$ (исходный $\cos\varphi=0,908$) и на стороне 0,4 кВ – $\cos\varphi=0,897$ (исходный $\cos\varphi=0,897$). При компенсации реактивной мощности установкой НБК получен $\cos\varphi=0,922$ на стороне 6 кВ (исходный $\cos\varphi=0,908$) и на стороне 0,4 кВ – $\cos\varphi=0,9504$ (исходный $\cos\varphi=0,897$). В этом случае $\cos\varphi$ на низкой стороне повысился, так как генерация реактивной мощности происходит на самой секции. Аналогично произведена компенсация реактивной мощности на *II* секции.

На основании технико-экономического анализа на газо-химическом заводе РТП-41 на *I* секции целесообразно проводить генерацию реактивной мощности с использованием синхронных двигателей, работающих в генераторном режиме с перевозбуждением; на *II* секции целесообразно проводить генерацию реактивной мощности с использованием низковольтных конденсаторных батарей, емкостью 2908 мкФ.

УДК 621.311

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ МАЛОЗАГРУЖЕННЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Ю.О. ФОКИНА, Л.В. КОЛОТИЛИНА, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. ДАШКОВ

В последние годы из-за различных обстоятельств фактическая нагрузка, создаваемая потребителями электрической энергии, подключенными к силовым трансформаторам (СТ), оказалось ниже той исходя, из которой выбиралась мощность трансформатора.

Для определения фактической электрической нагрузки СТ были выполнены измерения почасовых значений активной мощности с интервалом осреднения 1 час в зимний и летний периоды для нескольких трансформаторных подстанций различных объектов, на основании которых построены суточные графики нагрузок.

Во многих директивных документах и научных работах, посвященных проблеме энергосбережения и повышения энергетической эффективности, с целью снижения потерь электроэнергии, предлагается производить замену малозагруженного трансформатора, трансформатором меньшей мощности.

Авторами выполнены расчеты по определению целесообразности замены малозагруженных СТ. При этом учитывалась только величина потерь электроэнергии в трансформаторах и не учитывались затраты, обусловленные заменой (демонтаж старого, монтаж и наладка нового трансформатора и т.д.).

Анализ результатов расчетов показал, что не всегда замена СТ определенной мощности на трансформатор меньшей мощности приводит к снижению потерь электроэнергии. Установлено, что снижение потерь при одинаковых коэффициентах загрузки достигается только при определенных значениях времени максимальных потерь.

Одним из путей, позволяющих повысить эффективность работ по замене малозагруженных трансформаторов, является создание в рамках определенного энергетического предприятия обменного фонда трансформаторов. В этом фонде необходимо иметь рациональное число силовых трансформаторов различного исполнения и различной мощности.

В докладе приводятся конкретные результаты расчетов для объектов добычи газа, предприятий машиностроения и т.д.

УДК 697.34

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.Г. АГЗЯМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

В условиях реформирования электроэнергетической отрасли точность учета потерь электрической энергии и справедливое распределение ответственности за эти потери между участниками энергообмена приобретают первостепенное значение. Для расчета технических потерь электроэнергии разработано большое число методов, каждый из которых использует свой объем информации и основывается на некоторых допущениях, связанных с отсутствием полной информации.

При расчете потерь необходимо отличать потери в аппаратах и электрических сетях, которые неизбежны в процессе преобразования электроэнергии, от дополнительных потерь, вызванных несоответствием

фактической загрузки агрегатов их номинальной мощности или нерациональными режимами работы оборудования.

По исследованным мной статистическим данным они свидетельствуют о практически повсеместном росте потерь электроэнергии. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях может быть достигнуто как в результате проведения мероприятий по общей оптимизации сети, когда снижение потерь является одной из составляющих частей комплексного плана, так и в результате проведения мероприятий, направленных только на снижение потерь.

Основной задачей расчета и анализа потерь является определение их структуры, выявление конкретных очагов потерь и оценка возможности их снижения до экономически оправданных значений.

УДК 621.316

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ НАГРУЗОК. РАСЧЕТ И ВЫБОР ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

И.И. ВАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Наличие приемников электроэнергии, имеющих нелинейную характеристику, зависит от типа промышленного предприятия. Так основными источниками гармоник являются: вентильные преобразователи, электродуговые печи постоянного и переменного тока, сварочные аппараты, электролизные установки, газоразрядные лампы, компьютерные сети.

В последнее время все актуальней становится проблема – сведения к минимуму уровня высших гармоник, которая решается посредством расчета и выбора фильтрокомпенсирующих устройств. Устройства, предназначенные для практического решения данной проблемы, получили название фильтрокомпенсирующих устройств. Они должны обеспечивать компенсацию реактивной мощности, потребляемой преобразователем, и одновременную фильтрацию высших гармоник тока, создавая тем самым условия для улучшения качества электроэнергии в питающей сети. В этом случае проводится определение основных характеристик: гармоник тока, расчет гармоник напряжения, коэффициента несинусоидальности, коэффициента мощности вентильных преобразователей.

Изучаются и анализируются негативные воздействия высших гармоник: резонансные явления, перегрев и разрушение нулевых рабочих

проводников кабельных линий, искажение синусоидальности питающего напряжения, появление дополнительных потерь в трансформаторах, ухудшение условий работы батарей конденсаторов, сокращения срока службы электрооборудования, ускоренное старение изоляции, помехи в сетях телекоммуникаций, вызываются дополнительные акустические шумы, вибрация в электромашинных системах.

Для повышения эффективности компенсации реактивной мощности задача минимизации потерь в фильтрокомпенсирующих устройствах очень актуальна.

УДК 620.9

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Р.М. ГАБСАЛЯМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

АИИС КУЭ помогает оптимизировать потребление энергии, управлять технологическими процессами, позволяет оперативно отслеживать и пресекать случаи хищения электроэнергии.

Схемы АИИС КУЭ чаще всего выполняют двух- и трехуровневыми.

Классической считается схема трехуровневой АИИС. Верхний уровень (Центр/сервер) обеспечивает сбор, хранение и обработку данных, а также решение прикладных задач. Средний уровень (маршрутизатор/УСПД) осуществляет двустороннюю связь между верхним и нижним уровнями. Нижний уровень (комплекс приборов для учета энергоресурсов) передает данные о потоках энергии.

Основная цель создания промежуточного среднего уровня – сгруппировать данные, сократить временные затраты на передачу данных с одного объекта. В то же время сегодня все большее распространение получают двухуровневые АИИС, в которых счетчики соединены с сервером напрямую.

Достоинствами двухуровневой схемы АИИС являются: более низкая стоимость (за счет отсутствия УСПД), нет необходимости периодической проверки УСПД, быстрая отладка системы при изменении количества точек

учета. К недостаткам можно отнести зависимость работоспособности системы от надежности каналов связи и низкая скорость опроса устройств.

Основными достоинствами трехуровневой схемы исполнения АИИС считаются: возможность резервирования каналов связи (по технологиям передачи), обеспечение непрерывности данных (даже при отсутствии связи параметры сохраняются на УСПД), передача в центр упакованных пакетов информации экономит трафик (GSM/GPRS), возможна передача данных непосредственно с объекта в разные центры сбора (предприятия/ сбыт/ смежник). Недостатки схемы: относительно большая стоимость системы, необходимость дополнительных настроек и регулярных проверок УСПД.

УДК 65.011.56

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Р.М. ГАРЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Основной целью и конечно – желаемым результатом от внедрения системы АСКУЭ является получение достоверной информации о количестве произведённых, переданных, распределённых и потреблённых энергоресурсах. Данная информация позволяет:

1. производить своевременные и достоверные расчёты между субъектами рынка;
2. управлять режимами энергоресурсов;
3. определять и прогнозировать все составляющие баланса энергоресурсов (штатная выработка, отпуск с локальных шин, возможные потери и т. д.);
4. определять и своевременно прогнозировать удельные расходы энергоресурсов;
5. объективно оценивать финансовые ресурсы данного производства (субъекта);
6. целесообразное распределение имеющихся энергоресурсов по системе;
7. оперативно контролировать техническое состояние систем учёта энергоресурсов и их соответствие требованиям нормативно – техническим документам.

Контроль достоверности учёта энергоресурсов достигается за счёт ежемесячного составления баланса поступивших и отпущенных

энергоресурсов с учётом потерь и расходов на собственные нужды. Общепринятая практика, в большинстве случаев, достаточно широко применяемая в настоящий момент, особенно в периферийных регионах. Необходимо отметить, что принятая в настоящее время ручная запись показаний счётчиков, по которым составляется баланс электроэнергии, не вполне конкретна и приводит к дополнительным погрешностям, это связано с тем, что достаточно трудно обеспечить одновременную и безошибочную запись этих показаний, особенно при большом числе контролируемых первичных преобразователей сигнала (датчиков, как правило, в настоящее время с импульсным выходным сигналом.)

УДК 621.36

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

С.Е. ДАНИЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время сверхмощные электродуговые сталеплавильные печи (ДСП), как агрегаты для производства стали, получают большое распространение, как в России, так и в мире. К преимуществам электродугового способа получения стали можно отнести высокую производительность агрегатов, способность использовать в качестве исходного сырья как традиционные полуфабрикаты (металлический лом, жидкий чугун), так и металлизированные окатыши. На сегодняшний день электродуговые печи считаются самыми распространенными и экологически чистыми агрегатами для выплавки стали. В России наибольшее распространение получают электродуговые печи переменного тока, которые обладают рядом эксплуатационных преимуществ перед дуговыми печами постоянного тока. Основным источником тепловой энергии в дуговой сталеплавильной печи является электрический разряд — электрическая дуга. В столбе дуги выделяется большая мощность и вопросы рационального использования этой мощности для нагрева и плавления материалов, загруженных в печь, представляют большую сложность.

Сложности решения этой труднореализуемой, но необходимой в ситуации быстро развивающейся тенденции повышения стоимости энергоресурсов задачи объясняются тем, что трехфазная электродуговая печь является асимметричной нагрузкой, имеет нелинейные характеристики дуги и большие колебания реактивного сопротивления, обусловленные спецификой процесса.

Требуется уделить внимание управлению режимом энергопотребления электродуговых печей переменного тока в условиях нестационарности характеристик объекта управления. В качестве цели оптимального управления принимается достижение максимальной экономии электроэнергии и производительности ДСП.

УДК 697.34

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Д.А. ДЕДОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Вентиляционные установки являются одним из самых распространенных типов промышленных механизмов. Для электропривода вентиляционной установки на первое место выдвигаются повышенные требования по вибрации, шуму, надежности, обеспечению заданной производительности, возможности работы в условиях низкого качества напряжения, а также возможность снижения энергопотребления.

Изучив статьи реферативных журналов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным путем снижения уровня вибрации и шума электрооборудования является их подавление в источнике.

Применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода в вентиляционных установках позволяет сэкономить электроэнергию до 60 %, снизить аварийность сети и аварийность электрооборудования за счет устранения ударных пусковых токов, таким образом, повысив надёжность работы установки, а также снизить уровень шума, создаваемого технологическим оборудованием.

Установка в качестве приводного двигателя бесконтактного двигателя постоянного тока приводит к повышению надежности, а также к улучшению энергетических показателей вентиляционной установки. Многофазное исполнение бесколлекторных двигателей постоянного тока позволяет добиться наилучших показателей надежности и отказоустойчивости.

Внедрение роторного теплообменника позволяет утилизировать тепло, удаляемое из помещения на улицу, вследствие чего использование калориферов сводится к минимуму. Это приводит к значительной экономии электроэнергии.

Следует отметить, что вопросы разработки электроприводов, обусловленные требованиями к вентиляционным установкам, необходимо решать комплексно как со стороны конструкции, так и со стороны системы управления электропривода.

УДК 628.9

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Л.И. ИЛЬЯСОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Длительное время наиболее массовым источником света являлись лампы накаливания, обладающие рядом ценных качеств, но в то же время имеющие весьма существенные недостатки - очень низкую экономичность и малый срок службы. Требование экономного расходования электроэнергии привело к необходимости использования высокоэффективных газоразрядных источников света. При этом пришлось столкнуться с отрицательной реакцией человека на освещение. Дело в том, что при изменении напряжения на лампе по синусоидальному закону создаётся пульсация освещенности лампы. При этом в лампе происходит преобразование электрической мощности в световую. Электрическая мощность определяется квадратом напряжения. Если напряжение имеет синусоидальную форму, то квадрат напряжения имеет постоянную составляющую и переменную составляющую – косинусоиду двойной частоты. Таким образом, если на лампу подаётся напряжение частотой 50 Гц, то пульсация освещенности составляет 100 Гц.

Долгое время контроль освещения рабочих мест выполнялся формально и, как правило, только по одному параметру - уровню освещённости, а пульсация светового потока контролю не подвергалась. В дальнейшем допустимость пульсаций стала оцениваться с помощью коэффициента пульсации. Однако этот показатель не является универсальным, так как он не учитывает форму и частоту кривой освещенности.

Целью работы является разработка универсального показателя электромагнитной совместимости ламп по дозе пульсации, установление зависимости производительности труда от дозы пульсации и оценивание экономической эффективности энергосберегающих ламп. Предполагаемая научная новизна состоит в оценке влияния пульсаций освещенности ламп разного типа на производительность труда человека.

Планируемый практический результат состоит в оценке эффективности энергосберегающих ламп по дозе пульсации.

УДК 620.9

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

И.Р. ИМАМИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Внедрение автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) приобретает на сегодняшний день всё большую актуальность. Это связано с постоянным ростом тарифов на электроэнергию и как следствие учащением фактов неплатежей и хищения электроэнергии. АСКУЭ предназначена для формирования базы данных коммерческого учета по каждой точке учета для взаиморасчетов с поставщиками электроэнергии и мощности, и служит источником информации для контроля выполнения задач электроснабжения. Внедрение АСКУЭ дает возможность: оперативно контролировать и анализировать режим потребления электроэнергии и мощности основными потребителями; осуществлять оптимальное управление нагрузкой потребителей; собирать и формировать данные на энергообъектах; собирать и передавать на верхний уровень управления информацию и формировать на этой основе данные для проведения коммерческих расчетов между поставщиками и потребителями электрической энергии; автоматизировать финансово-банковские операции и расчеты с потребителями. Функционально АСКУЭ обеспечивает: оперативный автоматический контроль и учет параметров потребления электроэнергии по каждой точке (группе) учета с заданным периодом контроля, хранение параметров учета в базе, обеспечение многотарифного учета потребления электроэнергии, обеспечение контроля за соблюдением граничных ограничений и лимитов энергопотребления, удаленное перепрограммирование счетчиков электроэнергии, ведение единого, системного времени с возможностью его корректировки. В состав технических средств АСКУЭ должны входить: счетчики электрической энергии, оснащенные датчиками-преобразователями, преобразующими измеряемую энергию в пропорциональное количество выходных импульсов или цифровой код, устройства сбора и передачи данных обеспечивающие сбор информации от счетчиков и передачу ее на верхние уровни управления, каналы связи с соответствующей каналообразующей аппаратурой для передачи измерительной информации и средства обработки информации (как правило, персональные ЭВМ).

УДК 621.313:519.85

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.Г. ЛОГАЧЁВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Направление исследования и разработки многофазных электрических двигателей в настоящее время представляет интерес ввиду таких преимуществ, которые дает увеличение количество фаз машины, как повышение крутящего момента, снижение фазных токов, уменьшение нагрева статора машины, повышение ее эффективности. Асинхронные двигатели являются наиболее распространенным типом электродвигателей, применяемых в промышленности.

Характерной особенностью многофазных электрических машин является близкий к 1 коэффициент распределения обмотки статора. То есть вращающееся магнитное поле машины содержит большое количество гармоник, порядок которых выше первого. В связи с этим возникает необходимость учета несинусоидального характера распределения магнитного поля в многофазной электрической машине и в применяемой в общем случае к описанию электрических машин системе уравнений Парка-Горева. Понижение величины фазных токов статора в многофазных электродвигателях свою очередь дает возможность построения более дешевых и малогабаритных систем управления.

Целью данной работы является анализ преобразованной системы уравнений Парка-Горева для многофазного асинхронного двигателя, учитывающей несинусоидальный характер распределения магнитного поля вдоль воздушного зазора, а также рассмотрение системы управления многофазными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. Результаты могут быть использованы при описании, анализе и синтезе многофазных асинхронных двигателей и при проектировании эффективных систем управления электродвигателями.

УДК 621.311

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.Р. НАГИМУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Снижение колебания напряжения с целью предотвращения аварийных ситуаций, повышения эффективности работы и продления срока службы оборудования в настоящее время является наиболее актуальной проблемой, решение которой возможно не только использованием оборудования с улучшенными характеристиками, но и современными средствами компенсации реактивной мощности.

Встает вопрос об управлении напряжением и повышении коэффициента мощности. Сложности в основном возникают из-за быстро меняющихся нагрузок, таких, как прокатные станы, сварочные агрегаты и более всего дуговые печи. Отсюда возникает предложение по использованию систем STATCOM (статический синхронный компенсатор). Обладая более высоким (напр., по сравнению с SVC) быстродействием, они способны компенсировать быстрые изменения нагрузки.

Целью данной работы является исследование проблем, связанных с применением статических компенсаторов (STATCOM) на базе полностью управляемых вентиляей.

Научная новизна данной работы состоит в следующем:

1. Разработаны принципы формирования и алгоритмы систем управления и регулирования для STATCOM, а также для электропередач и вставок постоянного тока, выполненных на преобразователях напряжения;
2. Предложена методика определения параметров оборудования STATCOM;
3. Определены воздействия на оборудование STATCOM в установившихся режимах;
4. Произведено сравнение двухуровневой и трехуровневой схем STATCOM;
5. Разработана цифровая модель электропередачи, содержащей STATCOM.

Полученные решения явно имеют большое будущее. Результаты могут быть использованы при разработке технического предложения по применению STATCOM.

УДК 697.34

АСКУЭ НА ПРЕДПРИЯТИИ, КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СНИЖЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

А.Д. НИКИФОРОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Современная цивилизованная торговля энергоресурсами основана на использовании автоматизированного приборного энергоучета, сводящего к минимуму участие человека на этапе измерения, сбора и обработки данных, обеспечивающий достоверный, точный, оперативный и гибкий учёт, адаптируемый к различным тарифным системам, как со стороны поставщика энергоресурсов, так и со стороны потребителя. С этой целью, как поставщики, так и потребители создают на своих объектах автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов - АСКУЭ. При наличии современной АСКУЭ промышленное предприятие полностью контролирует весь свой процесс энергопотребления и имеет возможность по согласованию с поставщиками энергоресурсов гибко переходить к разным тарифным системам, минимизируя свои энергозатраты.

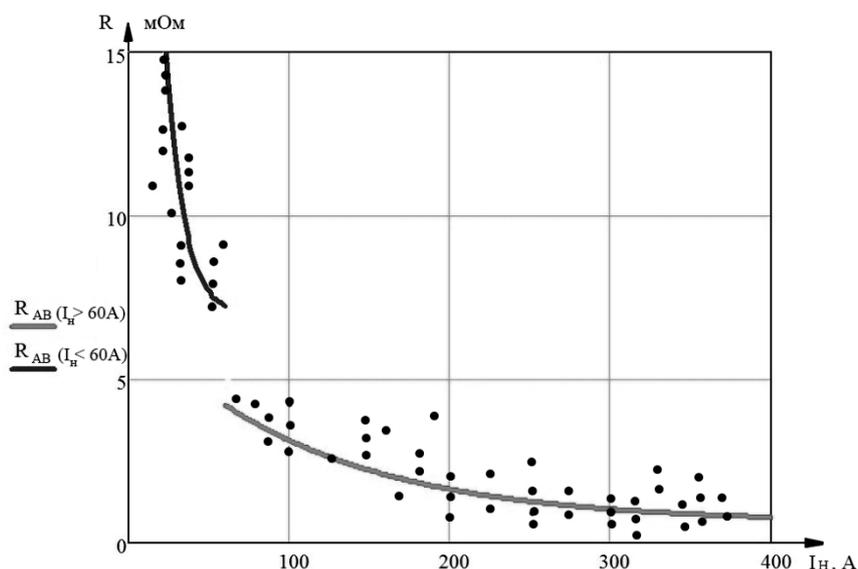
По исследованным мной статистическим данным они свидетельствуют о практически повсеместном росте потерь электроэнергии. Основная причина роста потерь – увеличение коммерческой составляющей. Коммерческие потери – самая сложная и трудно устранимая часть потерь. Коммерческие потери не имеют самостоятельного математического описания. Они не подчиняются законам физики и математики. Для принятия мер по сдерживанию роста и снижению коммерческих потерь необходимо знать их структуру. Основу типовой системы учета электроэнергии составляют измерительные комплексы (каналы). Отклонение характеристик измерительных комплексов от нормативных (паспортных) приводит к проблеме достоверности учета, небалансам и коммерческим потерям.

УДК 621.316

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЙ КОНТАКТНЫХ СИСТЕМ НИЗКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ

А.В. ШАГИДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Результаты экспериментальных исследований значений сопротивлений контактных соединений автоматических выключателей и контакторов в зависимости от номинального тока представлены точками на рисунке.



Зависимости сопротивления контактных систем автоматических выключателей и контакторов от номинального тока

По усредненным значениям экспериментальных данных строится кривая зависимости сопротивления контактных систем от номинального тока, по виду которой выдвигается гипотеза о предполагаемом законе распределения случайной величины, определяются параметры закона и осуществляется его проверка по критериям Колмогорова и χ^2 – Пирсона.

Сопротивление контактных систем в соответствии с законом гамма-распределения определяется:

$$R(x) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(a)} \cdot x^{a-1} \cdot e^{-x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (1), \text{ где } \Gamma(a) \text{ – гамма функция.}$$

По аналогии с автоматическими выключателями, проверяем соответствие гамма-распределению случайной величины (сопротивления) у магнитных пускателей, предохранителей и рубильников.

УДК 621.311.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ

А.И. ВАЛИАХМЕТОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Разработка многофункциональной системы программ, работающих в единой оболочке, реализация электронного представления электрических и компоновочных схем позволяет идентифицировать структуру схем и режим работы системы, что необходимо для использования в качестве исходных данных при разработке прикладных расчетных программ формирования экспертных решений.

Предложенный математический аппарат расчета зависимых отказов является удобным инструментом для оценки параметров надежности ветвей схем систем электроснабжения. Использование результатов расчетов ветвей с зависимыми отказами существенно упрощает расчеты параметров надежности, обусловленных зависимыми отказами.

Результаты численных расчетов показывают, что учет влияния зависимых отказов при расчетах надежности является обязательным. При увеличении количества ветвей, где существуют зависимые отказы, расхождение в результатах расчетов получается на уровне третьей значащей цифры после запятой, что выходит за рамки допустимых значений.

Показана возможность использования логико – вероятностного метода расчета надежности систем электроснабжения непосредственно для схем электроснабжения на основе разработанного алгоритма и его последующей реализацией в программно – аналитическом комплексе.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЕЙ

Р.Д. ДУХАНИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

В результате проведенных исследований отказов электрооборудования выдвигается гипотеза о возможном использовании усеченного нормального закона распределения вероятности безотказной работы электрооборудования цеховых сетей 0,4 кВ. Определены величины параметра потока отказов, интенсивности отказов, вероятности безотказной работы для следующего электрооборудования: автоматического выключателя ВА – 51, магнитного пускателя ПМЕ – 211, контактора КТ, предохранителя ПН2 – 100, контактора КТ, пакетного выключателя ПВ – 3, рубильника Р, кабельной линии АВВГ 0,4 кВ (на 100 м длины).

При рассмотрении и сравнительном анализе методов расчета надежности схем цехового электроснабжения для определения характеристик их безотказной работы, определяются погрешности методов расчета надежности схем цехового электроснабжения и причины их возникновения. При сравнении результатов вычислений вероятности безотказной работы схем цехового электроснабжения, полученных по статистическим данным, и с помощью аналитического и логико – вероятностного метода, определяется, что возникающие погрешности допускают использование этих методик в схемах цеховых сетей низкого напряжения.

Определяются требования к исходной информации об электрооборудовании цеховых сетей для расчета вероятности их безотказной работы с учетом времени. Разработана методика определения характеристик (параметров) – вероятности безотказной работы схем цехового электроснабжения относительно присоединений нагрузки и распределительных шкафов или пунктов при помощи коэффициентов отношения, обладающая достаточной степенью точности для инженерных расчетов.

УДК.621.311

НОРМИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

М.А. АЛЬ-КУБАТИ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Электрическая энергия, передаваемая по электрическим сетям, для своего перемещения расходует часть самой себя. Часть выработанной электроэнергии расходуется в электрических сетях на создание электрических и магнитных полей и является необходимым технологическим расходом на ее передачу. Для выявления очагов максимальных потерь, а также проведения необходимых мероприятий по их снижению необходимо проанализировать структурные составляющие потерь электроэнергии. Наибольшее значение в настоящее время имеют технические потери, т.к именно они являются основой для расчета планируемых нормативов потерь электроэнергии.

В зависимости от полноты информации о нагрузках элементов сети для расчета потерь электроэнергии могут использоваться различные методы. Также применение того или иного метода связано с особенностью рассчитываемой сети. Таким образом, учитывая простоту схем линий сетей 0,38 - 6 - 10 кВ, большое количество таких линий и низкую достоверность информации о нагрузках трансформаторов, в этих сетях для расчета потерь используются методы, основанные на представлении линий в виде эквивалентных сопротивлений. Процесс расчета потерь электроэнергии является достаточно трудоемким. Для облегчения подобных расчетов существуют различные программы, которые имеют простой и удобный интерфейс и позволяют произвести необходимые расчеты гораздо быстрее.

Пример расчета потерь электроэнергии в распределительной сети 10 кВ показал, что наиболее эффективным является использование сетей с достаточно высокой загрузкой ($k_{зтп}=0,8$). При этом наблюдается небольшое относительное увеличение условно-переменных потерь в доле отпуска электроэнергии, и снижение условно-постоянных потерь. Таким образом, суммарные потери увеличиваются незначительно, а оборудование используется более рационально.

СЕКЦИЯ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 621.313

ОЦЕНКА РЕСУРСА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Д. АХМЕТЗЯНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ;
ст. преп. Н.А. СВИЩЁВА

Как показывает опыт эксплуатации, основным элементом, который ответственен за наиболее часто повторяющиеся отказы асинхронных двигателей (АД) является электроизоляционная система, из-за повреждения которой наблюдается около 90 % всех преждевременных отказов, причем 93 % из них приходится на межвитковую изоляцию. В большинстве случаев данный вид отказа АД развивается постепенно во времени и «внезапным» является по факту проявления предельного состояния электроизоляционной системы. Контроль процесса деградации электроизоляционной системы позволит определить ее ресурс оставшегося времени эксплуатации и на ранних стадиях принимать соответствующие превентивные меры, предупреждающие отказ.

В последние 10 – 15 лет разработаны новые электрические методы диагностики электроизоляционных систем, которые считаются более совершенными и информативными по сравнению с классическими (традиционными), реализующими двухальтернативную диагностику-число состояний электроизоляционной системы равно двум (исправное и неисправное). Эти методы позволяют установить состояние электроизоляционной системы на шкале браковочных критериев, представленной рядом семантических единиц: хорошее, удовлетворительное, состаренное, опасное и отказ, и тем самым сформировать представление о степени старения материалов электроизоляционной системы, а следовательно, оценить её остаточный ресурс работы. При этом каждой семантической единице шкалы ставится в соответствие определенное состояние электроизоляционной системы, идентифицируемое с конкретным поддиапазоном значений диагностических параметров. Наиболее трудно решаемой задачей при реализации данного метода диагностирования является обоснование границ между поддиапазонами значений

диагностических параметров. Ошибки в их определении приводят к некорректному определению фактического состояния и величины остаточного ресурса работающей электроизоляционной системы.

УДК 621.313

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ МЕЖВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРЕХФАЗНОЙ ОБМОТКИ СТАТОРА НИЗКОВОЛЬТНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

В. БАНДА, Н.А. СВИЩЁВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Контроль состояния межвитковой изоляции низковольтных асинхронных электродвигателей (АД) должен проводиться неразрушающими методами, достаточно однозначно связанными с физико-механическими свойствами межвитковой изоляции и, более того, не наносить ей вреда. В этой связи, перспективной является контроль состояния межвитковой изоляции обмотки статора низковольтных трехфазных АД методом акустической эмиссии. Суть этого метода заключается в контроле сигнала акустической эмиссии, порождаемого механическими напряжениями в структуре межвитковой изоляции, создаваемыми силовым магнитным взаимодействием токов проводников диагностируемой фазной обмотки статора. Информация, получаемая путем измерения интенсивности сигнала акустической эмиссии, тесно связана с физико-механическими свойствами межвитковой изоляции и, в частности, с ее упругими характеристиками, что позволяет достаточно объективно оценивать техническое состояние диагностируемой изоляции. Однако существенной проблемой при практической реализации данного метода контроля является борьба с помехами, которые, маскируя полезный диагностический сигнал, снижают достоверность результата диагностирования. Среди этих источников помех к наиболее трудно устранимым относятся электромагнитные.

Предлагаемый способ повышает чувствительность и достоверность контроля межвитковой изоляции трехфазной обмотки АД при использовании в качестве диагностического параметра сигнала акустической эмиссии, возбуждаемого в ее структуре. Задача решается тем, что в способе диагностирования межвитковой изоляции, где в качестве диагностического параметра используется сигнал акустической эмиссии, каждая из фазных обмоток статора поочередно подключается к источнику диагностирующего

импульсного однополярного нарастающего и убывающего тока, а две другие фазные обмотки - к источнику постоянного тока.

УДК 681.3:378.1

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

А.В. ВАСИЛЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

При проектировании цифровых электронных схем, актуальной становится проблема наладки разработанного решения, а также поиск неисправностей, которые могут возникать в процессе эксплуатации.

С целью улучшения возможностей диагностирования неполадок возникающих в цифровых схемах, разработан программно-аппаратный комплекс, совмещающий в себе функции генератора последовательностей импульсов и логического анализатора (рис.1).

В качестве основного вычислительного узла используется микроконтроллер *AtMega128*, имеющий частоту тактирования в 20 МГц, что позволяет получить частоту следования импульсов на выходе генератора равную 10 МГц. Для работы с внешними сигналами используется три блока – блок формирования выходных импульсов, блок приема ответных реакций и блок выбора уровней напряжения (используется для возможности тестирования микросхем, выполненных по различным технологиям). Интерфейс связи с ПК позволяет передавать информацию об ответных реакциях тестируемой системы приложению, которое установлено на ЭВМ.



Рис.1 Структурная схема программно-аппаратного комплекса для диагностики неисправностей цифровых систем

Спроектированный комплекс позволяет тестировать широкий спектр цифровых устройств: *TTL, CMOS, STTL, LVTTTL, LVCMOS*.

УДК 621.3.038 (075.8)

КОНТАКТНАЯ СИСТЕМА ВАКУУМНОЙ ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ (110 кВ И ВЫШЕ)

Д.В. ВЕТЧИНОВ, ВЭИ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.С. БЕЛКИН

Вакуумные выключатели нашли широкое применение в низких и средних классах напряжения (до 35 кВ). В классах напряжения 110 кВ и выше в мире в основном используются элегазовые выключатели. Однако в настоящее время в связи с ужесточением экологических требований начинается применение вакуумных выключателей в этих классах напряжения. Поэтому разработка таких выключателей является актуальной задачей.

Разработка вакуумной дугогасительной камеры (ВДК) для выключателя высокого напряжения связана с определенными трудностями. При высоком напряжении сложно обеспечить необходимую электрическую прочность вакуумного промежутка между контактами. Важной задачей является и обеспечение необходимого номинального тока отключения. На эти параметры оказывает большое влияние выбор размеров и конструкции контактной системы.

В качестве контактной системы выбрана система, создающая собственное продольное магнитное поле. Рассмотрено несколько вариантов индуктора для такой системы. Проведено математическое моделирование различных вариантов индуктора. Выполнено физическое моделирование на реальном макете контактной системы для высоковольтной ВДК.

По результатам моделирования получены значения продольной составляющей магнитной индукции для каждого типа индуктора. Проведен расчет номинального тока отключения. Рассчитаны параметры контактной системы, необходимые для получения номинального тока отключения 40 кА.

УДК 681.5

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

А.Р. ГАЙНУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Цифровая обработка и анализ изображений, так называемое «машинное зрение» находит все большее применение в различных областях науки и техники. Причина этому - технический прогресс, который довел аппаратные возможности до уровня, близкого к человеческому. Однако особенно сложной задачей остается «понимание» объектов наблюдения.

Камера, подключенная к ПК, способна в реальном времени запечатлеть практически любые предметы объективной действительности и связанные с ними явления. Если полученное изображение провести через определенные этапы обработки, компьютер сможет распознать в нем заранее заданную информацию, а камера будет работать в качестве датчика.

Имеется ряд существенных проблем, связанных с такого рода распознаванием. Например, разнообразие форм, искажение изображений, вариации размеров и масштаба предметов.

Приложение машинного зрения, построенное в среде LabVIEW с использованием библиотеки IMAQ Vision, вполне подходит для решения данной задачи. Для этого применяются: сопоставление изображений и шаблонов, статистические характеристики, классификация предметов, анализ структуры, и другие методы предобработки и сегментации изображений. Сама библиотека IMAQ Vision содержит функции для специального распознавания: функция IMAQ Read Meter позволяет визуально считывать показания с аналогового индикатора прибора; функция IMAQ: Shape Match Tool способна находить предметы на изображении по их известным очертаниям; функция IMAQ Read Barcode позволяет распознавать штриховые коды на изображении.

Системы удаленного контроля; автоматические системы; программы дополненной реальности; а также управление транспортными средствами; детектор движения; определение положения лазерного пучка на мишени - все это лишь часть примеров использования распознанных данных.

УДК 621.024

ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

И.Р. ГАЛИУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Проблема надёжной защиты от аварийных или ненормальных режимов асинхронных электродвигателей, а соответственно, и механизмов, в которых они установлены, до сих пор очень актуальна. Пренебрежение указанным требованием приводит к непредвиденному и значительному ущербу от снижения срока службы оборудования, к повышению вероятности травмирования персонала.

Разнесение функций защитных устройств на несколько независимых устройств создает массу неудобств при монтаже и эксплуатации. Каждое из них не обладает универсальностью и подходит только к конкретному автоматическому выключателю т.е. является однофункциональным. Поэтому перед разработчиками остро встала проблема создания универсального комплексного устройства защиты. Последние поколения автоматических выключателей снабжены электронными расцепителями, осуществляющими комплексную защиту электродвигателя и объединяющими в одном устройстве функции всех однофункциональных расцепителей. Они выполнены на базе микроконтроллеров, гарантируют высокую точность срабатывания, надежность и устойчивость к температурным режимам. Однако, при этом возникает проблема настройки микроконтроллера универсального комплексного устройства защиты.

Обоснованное задание надлежащих установок срабатывания защиты предлагается осуществлять на основе кривой срабатывания электронного расцепителя, совмещенной с типовой рабочей характеристикой асинхронного электродвигателя. Полученная информация позволит сформировать исходные данные для программирования микроконтроллера комплексного устройства защиты.

УДК 621.3. 024

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ВЫСОКОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

И.И. ГИЗЗАТУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Качество высокоизоляционных жидкостей определяется многими факторами, среди которых немаловажное значение имеет обводненность. Вода, особенно в комбинации с полярными продуктами старения и кислотами, существенно влияет на диэлектрические характеристики жидких и твердых изоляционных материалов, в несколько раз усиливает коррозию металлов, контактирующих с жидким диэлектриком. Непрерывный контроль влагосодержания высокоизоляционных жидкостей и принятие соответствующих мер при внезапном росте или недопустимо высоком влагосодержании поможет продлить жизнь маслонеполненного оборудования, сохранить его высокие технические характеристики и эксплуатационную надежность. Методы контроля должны быть экспрессными, экономичными, удобными в работе.

Известно, что наибольшей простотой и экспрессностью обладают электрофизические методы анализа, среди которых выделяется импедансометрический метод анализа, в основе которого лежит принцип регистрации изменений импеданса электрической цепи.

Для высокоизоляционных жидкостей импеданс носит составной характер $Z=(R,X)$. Его активная составляющая R связана, в первую очередь, с проводимостью жидких сред, являющихся электролитами. Реактивная компонента X определяется емкостными свойствами исследуемой пробы жидкого диэлектрика, в частности, емкостью диэлектрических компонент.

Для повышения информативности данного импедансометрического метода предлагается проконтролировать угол сдвига фазы между током и напряжением φ , который определяет отношение реактивной и активной составляющих импеданса:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$$

Измерения полного электрического сопротивления и фазового сдвига φ между током и напряжением позволяет получить более полные данные для оценки качества высокоизоляционных жидкостей и выявления в них инородных компонент.

УДК 621.024

РАЗРАБОТКА СИГНАЛИЗАТОРА О КРАТКОВРЕМЕННОМ ЗНАЧИТЕЛЬНОМ ПОНИЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ

А.М. ГОНЧАРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Напряжение в сети переменного тока может не только медленно изменять свои значения «плавать» в пределах от 160 до 260 В, но и имеет частые кратковременные всплески и провалы, приводящие к сбоям в работе бытовых и офисных электроприборов, содержащих в своем составе высокочувствительные, малоинерционные электронные и микропроцессорные компоненты. В настоящее время разработаны достаточно эффективные методы и средства, делающие такие электроприборы нечувствительными к медленным изменениям значения напряжения в сети, а также более или менее успешно решается вопрос борьбы с всплесками напряжения. Но сбой в работе электронного устройства, вызванный кратковременным понижением напряжения питания, зачастую кажется необъяснимым, поскольку не всегда удается заметить такое понижение по мерцанию ламп накаливания «на глаз». Вместе с тем подобные короткие провалы напряжения в сети зачастую являются причиной неожиданной перезагрузки компьютера, сбоя работы микроволновой печи, стиральной машины, внезапного выключения телевизора, что может послужить поводом для подозрения их в отказе. Следует заметить, что при подобных «провалах» сетевого напряжения некоторые персональные компьютеры, телевизоры и другие электроприборы, не отключенные от сети полностью, а находящиеся в дежурном режиме, могут самопроизвольно переходить в рабочий режим.

Предлагается высокочувствительный, малоинерционный электронный сигнализатор, извещающий о подобном кратковременном значительном понижении напряжения в сети 220 В. Это снимет с неожиданно выключившегося или включившегося бытового или офисного электроприбора подозрения в неисправности и направит усилия по устранению причины происшествия в нужное русло.

УДК 621.311.25

СНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.Г. ГРИГОРЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время выработка электроэнергии альтернативными способами становится все более актуальна. На данный момент существует множество методов, но они являются дорогостоящими и не подходящими для использования в широком спектре.

Основная задача найти более легкий способ добычи электроэнергии который можно легко эксплуатировать в городской местности.

В настоящее время электромагнитные механизмы могут быть заменены твердотельными, пьезокерамическими, при этом удастся существенно улучшить многие качественные показатели. Так, достигается большая надежность, снижение массогабаритных показателей, технологичность и на базе этого более низкая стоимость, высокий КПД преобразования.

В работе представлен современный способ выработки электроэнергии с помощью пьезоэлектрической машины. Он является экологически-чистым, удобен (легок) в использовании.

Данная машина состоит из нескольких пьезогенераторов. Генератор содержит ротор, который приводится в движение от механической энергии, и статор, и на статор который закреплен один или несколько дисковых биморфных пьезоэлементов. С помощью закрепленных на роторе роликов осуществляется круговая деформация пьезоэлемента. В результате прямого пьезоэффекта на электродах пьезоэлемента генерируется постоянное напряжение.

УДК 621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Л. И. ЕВДОКИМОВ, И.Ф. ГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ

Исследование частичных разрядов (ЧР) для оценки состояния изолирующих элементов в высоковольтном оборудовании энергетических систем является одним из актуальных вопросов энергетики в наши дни. Измерение ЧР акустическими методами позволяет определить дефекты изоляции на ранних стадиях появления и контролировать их развитие. Одним из акустических методов контроля является ультразвуковой метод контроля. Методика контроля с помощью ультразвука включает выдачу заключения о факте пробоя, количестве дефектов в изоляторе и работоспособности в целом. Разрешение проводимого ультразвукового метода дефектоскопии определяется длиной звуковой волны - при размере препятствия меньше четверти длины волны волна от него практически не отражается. Излучение ультразвука проводится с помощью специального резонатора, который преобразует электрические колебания в акустические и вводит их в исследуемый материал. При этом отраженные сигналы преобразуются в электрические. Сигналы, регистрируемые измерительными цепями, обрабатываются программой, которая позволяет создавать базу данных и хранить информацию о контролируемом оборудовании, проводить спектральный анализ записанных ультразвуковых файлов, оценивать работоспособность и предвидеть отказы оборудования.

Для получения более полной информации о характере ЧР используют электромагнитный метод контроля. Наиболее значимыми параметрами являются не характеристики отдельно взятых импульсов, а средние значения параметров ЧР и формы их распределений по амплитуде, и частоте повторения относительно фазы приложенного напряжения. Сигналы, с электромагнитных датчиков поступают в компьютерную систему обработки данных, которая осуществляет их запись, и позволяет построить амплитудно-фазовые и частотно-фазовые характеристики ЧР, на основании которых возможна оценка их работоспособности, как в данный момент времени, так и в дальнейшей эксплуатации с учетом вида и места дефекта.

УДК 621.316

УСТРОЙСТВО ТОКООГРАНИЧИТЕЛЯ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ

И.Р. ЕРОФЕЕВ, М.Е. СЕРПУХОВИТИН, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. ВОРОНИН

При эксплуатации электрических сетей часто возникает ситуация, когда фактическая нагрузка вследствие увеличения мощности потребителей начинает превышать ту, на которую рассчитано коммутационное оборудование на подстанциях, что приводит к повышению значений токов короткого замыкания. Наиболее чувствительны к таким изменениям распределительные сети напряжения 6-10 кВ, поскольку масштабы прироста мощности часто сравнимы с исходным ее значением. Чтобы избежать преждевременной замены выключателей на новые, возможно устанавливать при прежних устройствах быстродействующие токоограничители.

Рассматриваемый токоограничитель представляет собой компактное электротехническое устройство, является сверхбыстрым средством ограничения пиковых значений тока при появлении их в электрической сети 10 кВ. В качестве рабочего тела используется эвтектический сплав индий-галлий-олово с температурой плавления 10 °С.

Принцип работы токоограничителя можно описать следующими процессами. При номинальном токе рабочее тело находится в спокойном состоянии, температура не изменяется. При появлении ударного тока резко возрастает магнитное давление и температура жидкометаллического канала, из-за испарения происходит разрыв его в камере, цепь размыкается. За счет жидкого агрегатного состояния рабочего тела разрыв происходит плавно, скорость снижения протекающего тока достаточна для того, чтобы не возникло опасных перенапряжений. После размыкания рабочего тела оно медленно возвращается в нормальное состояние под действием гравитации.

На настоящий момент проведены расчеты параметров рабочей камеры устройства в зависимости от номинального тока. Испытано несколько прототипов токоограничителя, получены нагрузочные, температурные характеристики при номинальных токах. Проведены испытания отключающей способности и особенностей работы прототипов при протекании больших токов. Результаты позволяют рассматривать данную схему как работоспособную и допустимую к использованию в промышленных сетях низкого напряжения.

УДК 535.4

МАГНИТОУПРАВЛЯЕМАЯ ДИФРАКЦИЯ СВЕТА НА ЗВУКЕ В АНТИФЕРРОМАГНЕТИКЕ α -Fe₂O₃ В РЕЖИМЕ РАМАНА-НАТА

Д.А. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Впервые в легкоплоскостном антиферромагнетике α -Fe₂O₃ экспериментально обнаружена дифракция света на звуке в режиме Рамана-Ната, обусловленная линейной модуляцией поляризаций нормальных оптических мод, связанной с осцилляциями вектора антиферромагнетизма L , вызванными магнитоупругим взаимодействием и исследована зависимость параметров дифракции от величины постоянного магнитного поля H_{\perp} , приложенного в базисной плоскости.

В нашей работе сообщается о первых результатах экспериментальных исследований АФМ механизма дифракции, связанного с модуляцией поляризаций оптических мод, в α -Fe₂O₃.

Экспериментальная установка состояла из четырех основных блоков: источника оптического излучения, измерительной ячейки, приемника оптического излучения и системы акустической накачки. В качестве источника оптического излучения использовался полупроводниковый лазер ИПЛН-1300-50М с выходной мощностью до 50 мВт. В качестве поляризаторов света применялись призмы Глана-Томпсона. Регистрация прошедшего через образец света осуществлялась фотоприемником на основе фотосопротивления с охлаждением по эффекту Пельтье. Сигнал с фотосопротивления усиливался двухкаскадным усилителем с регулируемым коэффициентом усиления. Поперечные акустические волны возбуждались в образце путем трансформации продольных колебаний при отражении от скоса образца под соответствующим углом. Острый угол скоса (α) в верхней части образца выбирался из условия: $\alpha = \arctg V_t/V_l$, где V_t и V_l – скорости поперечной и продольной акустических волн в соответствующих направлениях в гематите (аналог угла Брюстера). Для возбуждения продольных колебаний использовался Z – срез монокристаллов ниобата лития.

УДК 681.7

БЕСКОНТАКТНЫЙ ОПТОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ В ТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛАХ

И.Р. ИСМАГИЛОВ, А.А. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.И. КАЛИМУЛЛИН

В настоящее время ввиду усложнения конструктивных особенностей и уменьшения размеров современных объектов контроля необходимы устройства, позволяющие осуществлять акустический контроль бесконтактным оптическим способом. Преимуществами данного способа акустического контроля являются отсутствие механического контакта с исследуемым объектом, высокая чувствительность, открывающиеся возможности дистанционной регистрации акустических волн при больших расстояниях до исследуемого объекта.

Генерация ультразвуковых волн в исследуемом образце происходит бесконтактным оптическим методом с помощью импульсного лазера, детектирование – непрерывным лазером. Предлагается оптическое детектирование волн Рэлея, имеющих свойство образовывать синусоидально распределенные складки на поверхности, вдоль которой они распространяются. Данное свойство используется для изменения угла отражения падающего на поверхность лазерного луча, диаметр которого меньше длины волны Рэлея. Регистрация изменения угла отражения луча осуществляется с помощью фотоприемника.

Представленный метод уникален тем, что в основу детектирования положен эффект трансформации объемной волны в рэлеевскую, указывающий на наличие дефекта в исследуемом образце. При одновременном перемещении вдоль поверхности образца возбуждающего и считывающего пучков, временная задержка между акустическими откликами продольной и прошедшей через дефект рэлеевской волн будет неизменной. В то же время момент отклонения считывающего лазерного луча будет разным в зависимости от расстояния между дефектом и областью облучения и считывания.

Предполагаются дальнейшие исследования с целью выявления возможности применения созданной экспериментальной установки для акустического контроля поверхностей новых материалов и изделий, разработки систем автоматизации процесса обнаружения поверхностных дефектов.

УДК 621. 314

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ УВЛАЖНЁННОСТИ МАСЕЛ

Ю.В. КАРАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Качество изоляционных масел определяется многими факторами, среди которых немаловажное значение имеет их увлажненность. В масле электрооборудования вода может находиться в четырех основных формах – растворенная, связанная, эмульсионная и слоевая. Все эти формы воды переходят из одной в другую. Растворённая вода не увеличивает диэлектрических потерь, поскольку не диссоциирована на ионы. Эмульсионная вода повышает диэлектрические потери за счёт электрофоретической проводимости. В работавших маслах добавляется некоторое количество связанной воды, которая также заметно повышает диэлектрические потери. Поэтому содержание воды в изоляционных маслах целесообразно, а в ряде случаев просто необходимо контролировать.

Химические методы анализа качества масел, получившие в настоящее время широкое распространение, обладают низкой скоростью получения результата, высокой трудоемкостью, и позволяют определить только растворенную воду. Альтернативой химическим методам может служить импедансометрический метод, позволяющий проводить экспресс-контроль суммарного влагосодержания изоляционных масел путем измерения импеданса анализируемой пробы масла при различных частотах.

На базе метода многочастотной импедансометрии нами разработан прибор, основой работы которого является измерение тока, протекающего между электродами измерительной ячейки, с последующим расчетом массовой доли воды. В настоящее время ведется работа по реализации измерительного прибора на базе комплекса виртуальных измерительных приборов в среде графического программирования LabVIEW. Современные аппаратные и программные средства позволяют использовать данный прибор как в составе стационарной или передвижной лаборатории, так и в полевых условиях.

УДК 681.3:378.1

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ MC68HC908GP32

А.П. КАРПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Широкие возможности открылись перед измерительной техникой в связи с появлением микропроцессоров (МП) и микроЭВМ. Благодаря им значительно расширились области применения средств измерительной техники, улучшились их технические характеристики, повысились надежность и быстродействие, открылись пути реализации задач, которые ранее не могли быть решены.

По широте и эффективности применения МП одно из первых мест занимает измерительная техника, причем все более широко применяются МП в системах управления. Трудно переоценить значение МП и микроЭВМ при создании автоматизированных средств измерений, предназначенных для управления, исследования, контроля и испытаний сложных объектов.

Целью данной разработки является создание измерительного модуля для лабораторного стенда на микроконтроллере *MC68HC908GP32*. Данная разработка является актуальной и востребованной, при изучении и исследовании встроенных модулей *ADC08*, *TIM08*, *SPI08* микроконтроллеров *HC08/908*.

Разрабатываемый нами измерительный модуль состоит из микроконтроллера *MC68HC908GP32*, выполненного в виде лабораторного стенда и периферии выполненные на отдельной плате. В периферию входит трех разрядный семисегментный индикатор *FYT-3631BG-11*, датчик влажности НН-4000-001, датчик температуры *DS1820*. Программное обеспечение для измерительного модуля разработано и отлажено на лабораторном комплексе на МК *MC68HC908GP32*, и совмещенного с ним интегральной среды разработки *WinIDE*.

Наш измерительный модуль в будущем может быть использован при изучении, исследовании и проектирования контрольно-измерительных устройств с использованием модулей *ADC08*, *TIM08*, *SPI08* микроконтроллеров *HC08/908*, формирования навыков их программирования.

УДК 621 3 06

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОРОДНЫХ ГРУПП АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ СЕТЕЙ ПОСТОЯННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА ЭНЕРГОСИСТЕМ

В.М. КРАСНОВ, А.А. ШЛЯПЧЕНКОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **В.И. КАПАЕВ**

Системы оперативного постоянного тока (СОПТ) являются важнейшей составной частью системы обеспечения управляемости и живучести электрических станций и подстанций. Аккумуляторные батареи (АБ) СОПТ являются определяющим ее компонентом, но вместе с этим и самым слабым звеном, требующим особого внимания, оперативных и капитальных затрат. Прежде всего, определенные проблемы создает технически и экономически неоправданное большое многообразие типов АБ, применяемых в сетях постоянного оперативного тока. Так на 17 электрических подстанциях ОАО «СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ» г. Казани, оснащенных системами оперативного постоянного тока, используется 14 типов стационарных АБ. Такое необоснованно большое разнообразие типов АБ создает проблемы эксплуатационного характера и материально-технического обеспечения. Вместе с тем, все это исходное множество типов АБ может быть разделено на однородные группы по явно выраженным признакам однородности, например, функциональная идентичность, единство величины напряжения, близость значений показателей количества (емкость), качества (характер изменения напряжения при толковой нагрузке) электроэнергии и конструкционные параметры (масса, габариты) и др. В пределах однородной группы АБ незначительно отличаются друг от друга числовыми значениями основных параметров и предназначены для удовлетворения заданных потребителей электроэнергии с близкими функциональными свойствами, т.е. образуют совокупность однородных источников, которые обладают ограниченной взаимозаменяемостью.

В докладе рассматривается формализованное решение задачи разделения исходного множества типов АБ на однородные группы с использованием критерия характеризующего степень близости и различия значений параметров, определяющих качество и количество вырабатываемой ими электроэнергии, конструкционных параметров и др.

УДК.621.311.4

ВЫБОР ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ОБОБЩЁННОМУ КРИТЕРИЮ

Д.А. МИНГАЗОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ОРЕХОВ

Существуют различные способы решения оптимизационных задач в теории выбора и принятия решений. При использовании аксиоматического метода одним из этапов оптимизации является определение предпочтительного варианта.

Рассматривая в качестве альтернатив варианты электроснабжения строительных объектов, можно предложить расчет обобщенного критерия следующим образом:

$$W_{об} = a_1W_1 + a_2W_2 + a_3W_3, \text{ где}$$

a_1, a_2, a_3 – весовой коэффициент,

W_1 – показатель стоимости,

W_2 – показатель надежности,

W_3 – показатель качества электроэнергии.

В качестве показателей стоимости, надежности, качества электроэнергии берутся наиболее значимые в эксплуатации характеристики. Весовые коэффициенты определенности на основе экспертной оценки.

УДК 621.316

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА В ГЕЛИОУСТАНОВКЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Э.Т. НАНДЖЕМБА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. АСКАРОВ

Самым важным процессом в гелиоустановках является процесс зарядки аккумуляторной батареи. Процессы зарядки аккумуляторной батареи отличаются по алгоритму заряда на последней стадии заряда при достижении напряжения зараженной аккумуляторной батареи. Простейшие контроллеры просто отключают солнечную батарею при зарядке аккумуляторной батареи до определенного устанавливаемого значения и снова подключают его при достижении низкого напряжения на аккумуляторной батарее.

Для эффективного использования солнечной энергии необходимо применять контроллеры, которые на завершающей стадии заряда используют широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) тока заряда. На первой стадии аккумуляторная батарея получает весь ток, поступающий от солнечных модулей. На второй стадии, когда напряжение на аккумуляторной батарее достигает определенного уровня, контроллер начинает поддерживать постоянное напряжение за счет ШИМ тока заряда. Это предотвращает перегрев и газообразование в аккумуляторной батарее и постепенно уменьшает ток по мере заряда аккумуляторной батареи. На третьей стадии происходит выравнивание напряжения на различных банках аккумуляторной батареи, очищение пластин и перемешивание электролита. На четвертой стадии, когда аккумуляторная батарея полностью заряжена, зарядное напряжение уменьшается, для предотвращения дальнейшего нагрева и газообразования в батарее и для поддержания аккумуляторной батареи в заряженном состоянии.

В среде Multisim разработана виртуальная схема простейшего контроллера для управления процессами заряда-разряда аккумуляторной батареи для которой спроектирована дополнительная подсхема, реализующая ШИМ тока заряда.

Применение среды моделирования предоставляет пользователю широкие возможности для решения исследовательских задач: анализ работы схемы усовершенствованного контроллера, получение зависимостей основных параметров устройства, разработка монтажной схемы, схемы разводки печатной платы и 3D вид устройства с установленными компонентами для проектирования.

УДК 621.024

ПОСТРОЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММНО- АППАРАТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА УЧЕТА РАСХОДА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРОВОЗЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

К.С. ПЛАТОНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время для обследования электрооборудования электроподвижного состава применяется большое количество специализированных дорогостоящих измерительных приборов и систем,

применение которых не всегда оправдано. Кроме того, на большинстве серий электровозов переменного тока, ввиду отсутствия измерительных трансформаторов напряжения, применяют упрощенную схему измерений. В такой схеме цепи напряжения счетчиков подключены к части обмотки собственных нужд на вторичной стороне тягового трансформатора электровоза, а токовые цепи – от трансформатора тока, установленного в цепи первичной обмотки тягового электровоза. Единой пропорциональной зависимости между изменениями напряжения в контактной сети и напряжения на обмотке собственных нужд трансформатора для разных электровозов переменного тока нет, и поэтому для оценки удельного расхода энергии на тягу поездов приходится принимать усредненный коэффициент трансформации. Кроме того, измерительные трансформаторы не обладают достаточной линейностью в широком спектре частот гармонических составляющих несинусоидальных напряжения и тока.

Решение проблемы снижения погрешности учета расхода и контроля качества электрической энергии возможно только при условии организации системы учета с точным, оперативным по времени потреблению и достоверным измерением расхода электроэнергии. Эта задача в широком диапазоне мощностей, различных роде тока, частоте и числе фаз может быть решена с помощью многофункционального программно-аппаратного измерительного комплекса, оснащенного устройствами масштабирования измерительных параметров и гальванической развязки с высокими метрологическими характеристиками.

УДК 628.9

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХПРОЦЕССОМ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

В.Ю. ПРИКЛОНСКИЙ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. **А.А. НАУМОВ**

Одной из главных составляющих успешности каждого предприятия в современных условиях ведения бизнеса является его энергетическая эффективность (энергоэффективность). Для достижения энергоэффективности применяются разнообразные энергосберегающие технологии. В настоящее время большую актуальность приобретает автоматизация систем освещения. За счет автоматического управления освещением, в зданиях достигается 20 % экономия электроэнергии, а в некоторых зданиях в зависимости от

специфики и больше. Подобные системы могут использоваться практически везде, офисные здания, торгово-развлекательные комплексы, административные здания, производственные помещения, а также частные квартиры. Для реализации задачи управления освещением разработан программно-аппаратный комплекс по управлению циклическими суточными техпроцессами, на базе которого реализована система управления освещением. Данная система позволяет автоматически включать/отключать наружное и внутреннее освещение в зависимости от установленных настроек. Наружное освещение управляется либо по заданному графику, либо в зависимости от времени восхода/захода солнца. Данный вопрос решается на стадии согласования технического задания. Для внутреннего освещения программа имеет недельный цикл, на каждый день задается свое время включения/отключения с возможностью внесения текущих изменений через меню графической панели контроллера. Таким образом, можно управлять освещением, как на малых объектах, так и на больших, т.к. одновременно к системе могут быть подключены до 100 помещений. Каждое их подключенных помещений может управляться независимо. Для внештатных ситуаций разработан механизм ручного включения/отключения, реализованный на графической панели контроллера. Данная система полностью построена на оборудовании российского производства, что делает её одной из самых доступных в своей ценовой категории.

УДК 620.9

НЕПРЕРЫВНЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Р.Р. САУБАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Электроэнергия является важным сырьем для всех коммерческих операций в большинстве сфер материального производства, и как для любого другого сырья существенным является такое понятие, как качество. Существует пять основных типов дефектов качества электроэнергии, каждый из которых имеет свои причины и последствия, а также различные возможные затраты. Данный доклад рассматривает последствия недостаточного уровня качества энергии для производства и затраты, которые следует ожидать.

Контроль качества электрической энергии подразумевает оценку соответствия показателей установленным нормам, и разработка мероприятий

по устранению причин, влияющих на его снижение. Осуществляется контроль качества электрической энергии с помощью сертифицированных приборов, обеспечивающих измерение и расчёт всех необходимых параметров, для определения и анализа качества электрической энергии.

При обследовании используют мобильный переносной комплекс приборов. Подключение к контролируемой сети производится без отключения нагрузки. По результатам обследования проводится компьютерная обработка данных специализированным программным обеспечением.

УДК 681.5

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УСТРОЙСТВА УДАЛЁННОГО ПРИСУТСТВИЯ

А.В. СЕМЕННИКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В нашей работе будет разработано микроконтроллерное устройство удаленного присутствия, позволяющее оператору на расстоянии управлять перемещением робота при этом получая видеoinформацию со встроенной в него камеры.

Разрабатываемое устройство имеет важную особенность – возможность перемещения. Оно состоит из двух компьютеров – стационарного пульта управления и мобильного ноутбука, оснащенного встроенной WEB камерой. Изображение с нее передается на управляющий компьютер посредством беспроводного интернет соединения WI-FI и установленной на обоих компьютерах программы Skype. Ноутбук установлен на специальную платформу, оснащенную четырьмя шаговыми двигателями с закрепленными на них колесами. Каждый из четырех шаговых двигателей имеет возможность поворота на 90 градусов, что обеспечивает высокую маневренность устройства передвижения за счет малого радиуса поворота.

Устройство управления состоит из центрального микроконтроллера производства фирмы ATMEL – ATMEGA128 и подчиненных микроконтроллеров – ATMEGA16.

Связь устройства управления с подчиненным ноутбуком организована при помощи Bluetooth соединения с использованием специального Bluetooth модуля LMX9830SM. Этот модуль обеспечивает легкое подключение к центральному МК по интерфейсу USART, имеет малое энергопотребление и не требует большого количества навесных элементов.

Непосредственно к микроконтроллеру этот модуль подключен при помощи интерфейса USART – универсального синхронно-асинхронного приемо-передатчика. Каждый из подчиненных микроконтроллеров отвечает за работу шаговых двигателей перемещения и разворота. Связь между центральным и подчиненным микроконтроллерами организована с использованием двухпроводного последовательного интерфейса TWI.

Устройство позволяет оператору на расстоянии управлять перемещением робота, при этом получая видео и аудиоинформацию со встроенных WEB-камеры и микрофона ноутбука.

УДК 621.38

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ЧЕТЫРЁХЗОНДОВЫМ МЕТОДОМ

А.М. СЕНИЦИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

Наиболее распространённым методом изучения температурной зависимости сопротивления полупроводников является четырёхзондовый метод. Этот метод позволяет выполнять измерения не только на однородных образцах, но и на диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слоях, а также исследовать пространственное изменение удельного сопротивления по объёму полупроводника.

В данной работе для изучения проводимости полупроводников четырёхзондовым методом была создана установка, представленная на рис. 1.

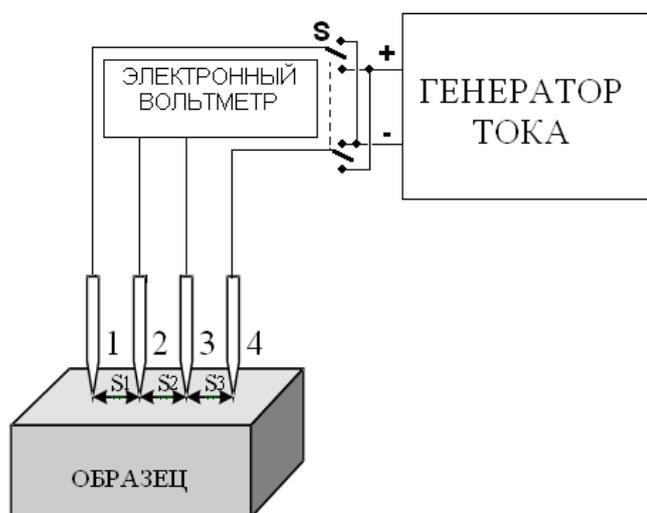


Рис. 1. Установка для изучения проводимости полупроводников четырёхзондовым методом

Установка состоит из генератора тока, переключателя S полярности источника питания, электронного вольтметра, четырёх вольфрамовых зондов и исследуемого образца. Входное сопротивление вольтметра, подключаемого между внутренними зондами 2 и 3, больше 100 Мом, а стабильность тока в цепи внешних зондов 1 и 4 – не хуже 0,1 %. С помощью переключателя S меняется направление тока через переходы металл-полупроводник. Таким образом, учитывается неодинаковость свойств переходов металл-полупроводник на всех контактах.

УДК 621.35

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЗАРЯДА-РАЗРЯДА LI-ION АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА УДАЛЁННОГО ПРИСУТСТВИЯ

А.А. ТИРКИЯ, КГЭУ, г. Казань

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

Основной целью нашей работы является создание устройства удаленного присутствия, управляемого при помощи беспроводного интерфейса и ряда программ. Главная задача устройства заключается в передаче изображения с WEB камеры мобильного компьютера на экран компьютера оператора.

В моей части работы разрабатывается система питания и заряда аккумуляторов. Наиболее часто в мобильных устройствах (ноутбуки, мобильные телефоны, КПК и другие) применяют литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы. Это связано с их преимуществами по сравнению с широко использовавшимися ранее никель-металлгидридными (Ni-MH) и никель-кадмиевыми (Ni-Cd) аккумуляторами. Поэтому питание нашего устройства осуществляется при помощи Li-ion аккумуляторов, установленных на платформе. Разработка литий-ионных аккумуляторных батарей является одним из приоритетных направлений в промышленной энергетике. Это обусловлено тем, что удельные энергетические характеристики (массовые и объемные) таких батарей существенно выше, чем у аккумуляторов других типов при аналогичном сроке службы и количестве циклов заряд-разряд.

В нашей схеме управления батареи используются два основных микроконтроллера – Vq29312 (ведомый) и Vq2084 (ведущий). Эти два процессора соединены последовательным интерфейсом I²C (inter-integrated circuit). I²C использует две двунаправленных линии, подтянутые к напряжению питания и управляемые через открытый коллектор или открытый сток.

Напряжение, используемое I^2C в нашем случае, 3,3 В. В схеме имеется предохранитель, который плавится при аварийном режиме, тем самым, изолируя полевые транзисторы. Также имеются модули защиты от перегрузки по току и напряжения, датчик тока и имеется возможность подключить трех-, четырех-, пяти-сегментный индикатор, отображающий уровень заряда батареи. К такой схеме управления можно подключить до четырех аккумуляторных батарей.

УДК 621.3.06

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА ПОНИЖЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТЯХ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.И. ФАРРАХОВ, КГЭУ, г.Казань

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

Характерным недостатком сетей оперативного постоянного тока (СОПТ) энергообъектов является большая вероятность пониженного сопротивления изоляции и проблема локализации места пониженного сопротивления изоляции.

В связи с этим СОПТ оснащались мегомметром. При этом контроль сопротивления изоляции производился при отключенной системе, а локализация места пониженного сопротивления изоляции производилась вручную. Это существенно затягивало процесс диагностирования, и снижала коэффициент технической готовности СОПТ.

Современные системы СОПТ оснащаются устройствами контроля сопротивления изоляции не требующими снятия напряжения и, кроме того, допускают возможность нескольких подключений. Однако данное устройство позволяет локализовать только конкретное подключение с пониженным сопротивлением изоляции, но не его место заниженного сопротивления изоляции. Область поиска снижается, но нахождение места пониженного сопротивления изоляции предполагается вручную. В связи с этим по-прежнему остается актуальной задача локализации места пониженного сопротивления изоляции, но уже в подключениях. Качество решения этой задачи зависит от вида выбранной программы и критерия оценки ее эффективности. В докладе излагается методика построения условной программы диагностирования на основе минимаксного критерия и графический метод решения этой задачи.

УДК 621.3.06

ПРОБЛЕМА ФАЛЬСИФИКАЦИИ УСТРОЙСТВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

А.И. ФАТКУЛЛИН, А.И. САДЫКОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

На электротехническом рынке стали появляться сомнительные изделия. При малых габаритах они, по данным прилагаемой к ним примитивной технической документации, имеют гигантскую эффективность (например, при габаритных размерах: $120 \times 70 \times 44$ мм и массе в 0,3 кг указана несоизмеримо большая паспортная мощность - 30 кВт): с их помощью можно якобы снижать электропотребление до 50 процентов. Рекламируемые функциональные возможности насколько беспредельны, настолько противоречивы и абсурдны, а зачастую с точки зрения электротехнической науки и практики невежественны.

При этом указывается, что их работа основана на надежных научных принципах, разработанных авторитетными учёными, воплощёнными азиатскими производителями, и они являются интеллектуальными универсальными устройствами нового поколения, использующими инновационные нанотехнологии электроснабжения 21 века. Однако зачастую при их разборке внутри обнаруживается только конденсатор с небольшой емкостью. Рекомендуемая схема подключения этих изделий к сети такова, что вся - даже сколь угодно мизерная - экономия от их применения достанется энергоснабжающей организации, а не электропотребителю.

В условиях возрастающей актуальности проблемы энергосбережения нужны действительно энергоэффективные технические решения, убедительная информация о принципе их работы и достоверные результаты тестирования. Поскольку на рынке представлено множество торговых марок аналогичных изделий, и появляются все новые, встает задача их своевременной идентификации для предотвращения фальсификации. С этой целью представляется целесообразным разработать соответствующую методику тестирования.

УДК 621.384.658

ИНТРОДИАГНОСТИКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ РЕГИСТРАТОРОВ

А.С. ФИРСОВ, ВлГУ, г. Владимир
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.А. ШАХНИН

Совершенствование методов технической диагностики высоковольтных выключателей является важной научно-технической задачей. Для России это особенно важно в связи с большой продолжительностью эксплуатации выключателей и высокой степенью их изношенности.

Традиционные методы контроля параметров высоковольтных выключателей, как правило, ресурсо- и энергоёмки, требуют вскрытия баков и слива диэлектрических жидкостей. Очевидна целесообразность применения интродиагностики, позволяющей исключить эти операции и обеспечить достоверный контроль на месте эксплуатации высоковольтного выключателя (так называемый, «on site-testing»). К числу эффективных методов интродиагностики относится метод токовых диаграмм, реализуемый с помощью цифровых регистраторов – специализированных портативных цифровых осциллографов. Их применение позволяет повысить точность измерений, сократить время проведения испытаний, автоматизировать обработку результатов и формирование баз данных. С каждым годом, по мере накопления опыта эксплуатации цифровых регистраторов, расширяется сфера применения этих устройств.

В докладе представлены результаты интродиагностики высоковольтного выключателя МКП-110Б-1000/630-20У1 ПС «Радуга» Волго-Окского предприятия магистральных электрических сетей, полученные с помощью цифрового регистратора ПКВ/М7. Этот прибор изготовлен Иркутским СКБ электротехнического приборостроения и является одним из самых совершенных отечественных средств интродиагностики высоковольтного оборудования. Большая разрешающая способность цифрового регистратора позволяет по осциллограммам определить важные параметры работы контактной системы выключателя.

Испытания показали оперативность и высокую достоверность диагностики.

УДК 621.396

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИМАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

И.С. ХАКИМЬЯНОВ, Р.С. ЗАРИПОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.Л. БАТАНОВА

В основных регионах мира используются следующие стандарты электрического напряжения: США – 117В/60Гц, Европа – 240В/50Гц, Япония – 100В/60 Гц, Ближний Восток – 240В/50 или 60Гц.

Напряжение может колебаться от $\pm 10\%$ до $\pm 15\%$ от номинального. Большинство промышленных источников питания удовлетворяют требованиям Японии и США и определяют диапазон напряжения как 90...135 В или 190...270 В. Универсальный источник питания должен обеспечивать весь диапазон 90...270 В.

Существует множество причин, по которым в линиях электропитания помимо обычного синусоидального напряжения присутствуют высоковольтные импульсные выбросы (помехи). Так молнии порождают выбросы амплитудой до 6 кВ и длительностью порядка 100 нс. Среди других, причины неполадок в электросети и отказов оборудования, такие, как перегорание предохранителя или, искрение в выключателе. При этом пиковое напряжение достигает величины 1,2 кВ, а длительность импульса – до 60 мкс. Восемьдесят процентов всех выбросов, присутствующих в сети, имеют продолжительность 1...10 мкс и амплитуду до 1,2 кВ. На основе учета таких выбросов определяются параметры конденсаторов фильтров электромагнитных помех, нормы электробезопасности.

Помимо высоковольтных импульсных выбросов напряжения в линиях электропитания, напряжение сети может «пропадать» на несколько полупериодов. Во многих случаях такое неконтролируемое отключение питания недопустимо. Импульсный источник питания для такой системы должен быть спроектирован с достаточно емким накопительным конденсатором и достаточно широким диапазоном регулирования ШИМ, чтобы продолжать выдавать полную мощность во время отсутствия нескольких периодов входного напряжения.

В результате проделанной работы определены характеристики конечных адаптируемых функций проектируемого источника питания. Итоги работы используются в учебном процессе при изучении курса «Энергетическая электроника».

УДК 621.316

ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ КОНТАКТАМИ

А.Н. ХВАСТУНОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. ВОРОНИН

В настоящее время отсутствуют промышленные образцы вакуумных выключателей генераторного напряжения с номинальным током свыше 10000 А и номинальным током отключения 100 кА. Контактная система такого вакуумного выключателя с традиционными твердометаллическими контактами будет иметь большую массу, что потребует разработку мощного приводного устройства и приведет к увеличению затрат на производство.

Использование в вакуумных выключателях жидкометаллических контактов позволит существенно уменьшить массогабаритные характеристики аппарата. Также, применение жидкометаллической контактной системы в вакуумном выключателе позволит снизить переходное сопротивление контактов выключателя, добиться высокой отключающей способности и выполнить коммутационный аппарат на номинальные токи до 15 кА. Кроме того, жидкометаллическая контактная система по сравнению с твердотельными контактами имеет меньшие усилия контактного нажатия, менее восприимчива к вибрации и не подвержена свариванию.

Существующие на данный момент промышленные образцы вакуумных выключателей имеют номинальный ток до 4000 А, отключающую способность до 50 кА при напряжении 11 кВ, что не позволяет применять их для коммутации мощных генераторов. Серьезного изучения требуют процесс гашения дуги в вакуумной камере с жидкометаллической контактной системой и явление среза тока при отключении такого выключателя.

В качестве жидкометаллической контактной системы предлагается использовать твердометаллические медные контакты с нанесением на них пластичного электропроводного материала – трехкомпонентной эвтектики (галлий – 62 %, индий – 25 %, олово – 13 %) с добавлением порошкового железа и графита для придания пастообразной консистенции. Контактная система располагается в камере с разряженным газом ($P = 10^{-5}$ Па), имеющим высокую диэлектрическую прочность, что в совокупности малыми усилиями контактного нажатия позволяет применять маломощный привод с малым ходом.

УДК 621.373 (088.8)

РАСЧЕТ ГЕНЕРАТОРОВ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ НАПРЯЖЕНИЯ

И.А. ХМЕЛЕВА, А.А. ФИРSOBA, ВСГУТУ, г. Улан-Удэ
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. К. А. ФЕДОРОВ

Для генерирования мощных прямоугольных импульсов напряжения микросекундного и миллисекундного диапазона длительностей используются емкостные накопители с зарядными и разрядными цепями.

Рассмотрим одно из возможных решений задачи определения исходной схемы генератора из условия обеспечения минимального времени установления переходного процесса. При выборе формы выходного импульса, которая должна быть аппроксимирована, следует учитывать: 1) предельная прямоугольная форма невоспроизводима цепью с конечным числом сосредоточенных элементов; 2) на практике допустимо конечное время длительности T_{ϕ} и среза T_c .

Пусть имеем интегратор, осуществляющий преобразование входного сигнала $U_1(t)$ в выходной сигнал

$$u_2(t) = \frac{1}{T} \int_0^T u_1(t) dt,$$

здесь $T > 0$ – фиксированный параметр.

Для решения задачи воспользуемся синтезом исходной схемы генератора с заданным временем формирования фронтов входного импульса с помощью интегрирующего устройства.

Формула, устанавливающая связь между операторными изображениями сигналов на входе и выходе интегратора:

$$H(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{1}{Ts} (1 - e^{-sT})$$

Схему реактивной интегрирующей цепи с конечным числом элементов получим аппроксимацией $H(s)$ рациональной дробью заданного порядка и ее реализацией.

Значения элементов реализующей цепи относятся к нормированным единичной частоте и сопротивлению нагрузки. Пересчет на заданные значения $T_{\phi} = T_c = 2\pi/\omega$ и сопротивление R_n производится умножением величин индуктивности на R_n/ω и емкостей на $1/(R_n \omega)$.

Длительность фронта и среза импульса увеличивается несущественно.

УДК 621.313

КОНТРОЛЛЕР УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ УСТРОЙСТВА УДАЛЕННОГО ПРИСУТСТВИЯ

Р.А. ХУСНУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Каждый год на рынке робототехники «прокручивается» 5-6 миллиардов долларов, и эта цифра постоянно растет. Видимо, век накопления знаний и теоретической науки сменяется новой эпохой - когда всевозможные роботы и механизмы заполняют мир. В связи с повсеместным использованием цифровых управляющих систем постоянно растет необходимость разработки и усовершенствования их.

Направленность нашей работы заключается в создании устройства удаленного присутствия, управляемого при помощи беспроводного интерфейса и ряда программ. Устройство будет состоять из пульта оператора и мобильного компьютера (ноутбука, оснащенного специальным устройством передвижения). Основная задача устройства заключается в передаче изображения с WEB камеры мобильного компьютера на экран компьютера оператора.

В моей части работы разрабатывается устройство с использованием шагового двигателя. Шаговый двигатель является традиционным исполнительным устройством многих электронных приборов и систем. Предлагаем несложное устройство, состоящее из управляющего устройства и двигателя. В свою очередь управляющее устройство состоит из микроконтроллера, в нашем случае это Atmega16, и драйвера А3977.

Контроллер шагового двигателя содержит в себе силовую часть (драйвер), и устройство, расширяющее возможности управления двигателем (интеллектуальная часть). Используемый контроллер характеризуется наиболее развитой периферией, наибольшими среди всех микроконтроллеров AVR объемами памяти программ и данных, поддерживает несколько режимов пониженного энергопотребления, имеет блок прерываний, сторожевой таймер и допускает программирование непосредственно в готовом устройстве.

Драйвер шагового двигателя должен решать две основные задачи: это формирование необходимых временных последовательностей сигналов и обеспечение необходимого тока в обмотках.

УДК 536.331, 537.868.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ СНЕГА В ВОДУ ПОД ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

М.С. ЛАПОЧКИН, КНИТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Г. МОРОЗОВ

Современные требования использования энергоэффективных и экологически безопасных систем приводят к поиску новых подходов для решения проблемы утилизации снежно-ледяной массы. Одним из наиболее эффективных способов таяния снежно-ледяной массы является энергетическая обработка микроволновым полем.

Микроволновая термообработка, благодаря ряду преимуществ таких, как возможность объемного нагрева при повышении равномерности распределения теплового поля, отсутствие вредных токсических выбросов в окружающую среду, отсутствие необходимости в использовании воды, в качестве теплоносителя, а также управление процессом нагрева дает значительные преимущества, над традиционными методами нагрева.

Целью настоящей работы является рассмотрение вопросов математического и физического моделирования процесса таяния снежно-ледяной массы под воздействием комбинированных энергетических полей микроволнового и ультразвукового диапазона длин волн.

Задачи исследования:

1. Построение и исследование математических моделей процесса таяния снежно-ледяной массы под воздействием микроволнового поля;
2. Экспериментальная верификация предлагаемых математических моделей;
3. Выработка предложений и рекомендаций для разработки устройств утилизации снежно-ледяной массы.

Таким образом, была рассмотрена проблема повышения эффективности процесса таяния снежно-ледяной массы. Предложено применение энергетического воздействия микроволнового поля. Построены и исследованы математические модели процесса микроволнового нагрева воды в разных фазовых состояниях. Выполнена физическая верификация математической модели на основе исследований, выполненных на специально разработанном лабораторном стенде. Выработаны предложения и рекомендации для разработки устройств утилизации снежно-ледяной массы.

УДК 621.38

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СХЕМ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MULTISIM 10.1

В.С. ПРОХОРОВА, Г.Д. МАРДАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Л.В. АХМЕТВАЛЕЕВА

В настоящее время появилось достаточно много интеллектуальных информационных технологий, позволяющих улучшить традиционные системы образования и создать принципиально новые компьютерные технологии обучения. Для конкретной изучаемой области каждая имеет свои преимущества перед традиционными формами обучения и в значительной степени зависит от используемых программных сред и технических средств.

Проектирование любого электронного устройства сопровождается физическим или математическим моделированием. Физическое моделирование часто связано с большими материальными затратами, поскольку требуется изготовление макетов и их трудоемкое исследование.

Особенностью цифровой техники является принцип построения сложных устройств из ограниченного числа однотипных элементов и узлов, из которых собираются самые различные устройства современной цифровой электроники, автоматики и микропроцессорной техники.

С точки зрения изучения основ цифровой техники программа *MULTISIM 10.1* является одним из самых мощных инструментов для моделирования цифровых устройств, позволяет сделать наглядным изучение теоретического материала, а также подготовить разработчика 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 возможности использования цифровых компонентов электронной библиотеки микросхем *MULTISIM 10.1*.

УДК 681.3:378.1

ИССЛЕДОВАНИЕ 16-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ MC68HCS12

И.Е. СИНЮГИН, Р.Р. САБИРОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Л.В. АХМЕТВАЛЛЕВА

Инновационная направленность обучения в техническом вузе требуют поиска новых подходов и применения новых технологий. Инновационные формы особенно актуальны при изучении современных микропроцессорных устройств.

Целью нашей работы является изучение, исследование и применение в электронной аппаратуре нового семейства 16-разрядных микроконтроллеров 68HCS12 компании *Freescale Semiconductor* (ранее выпускались компанией *Motorola*), которые отличаются высокой производительностью и широкими функциональными возможностями. В лаборатории микропроцессорной техники кафедры Промышленная электроника имеется комплект оборудования, позволяющий изучать особенности проектирования устройств управления на базе этих микроконтроллеров. Микроконтроллеры 68HCS12 выпускаются по КМОП-технологии с разрешающей способностью 0,25 мкм и имеют максимальную тактовую частоту до 25 МГц. В качестве основных особенностей семейства 68HCS12 следует отметить архитектурную и программную совместимость с широко используемым семейством 8-разрядных микроконтроллеров *Motorola 68HC12*; расширенный набор команд и способов адресации; улучшенные технические характеристики; наличие эффективных встроенных средств отладки, существенно упрощающих процесс разработки систем на базе этих микроконтроллеров; применение *Flash*-памяти, которая обеспечивает возможность программирования и репрограммирования микроконтроллеров от персонального компьютера непосредственно в составе реализуемой системы.

Возможности имеющейся лаборатории позволяют исследовать функционирование микроконтроллера 68HCS12 в режимах виртуального и реального проектирования в современной интегрированной среде программирования *CodeWarrior CW12* компании *Metrowerks*. Успешность проектирования типовых устройств передачи, обработки данных и управления зависят от оптимального выбора и технически грамотного использования современных инструментальных аппаратных средств, программного обеспечения, стратегии и технологии их отладки.

УДК 620.179

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ИСПЫТАНИЙ НА СЛУЧАЙНУЮ ВИБРАЦИЮ

А.Б. БАШИРОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. АСКАРОВ

Применение случайной частотной модуляции полигармонических сигналов и анализирующих частотно-модулированных фильтров (ЧМФ) позволяет проводить испытания на вибрацию, имеющую нормальный закон распределения и широкополосный спектр. При следящем приеме, используемом в реализации метода формирования широкополосных случайных сигналов на вибростенде, основные характеристики отфильтрованных сигналов будут определяться такими параметрами системы управления как законы и скорость модуляции, полоса пропускания и порядок фильтров. Для применения подобных сигналов в задачах вибрационных испытаний необходимо рассмотреть вопросы параметрической оптимизации. Наиболее перспективным подходом для решения этих вопросов является использование компьютерного моделирования.

Для этого создана программа формирования случайных сигналов с использованием следящего фильтра. В ней сигнал типа «белый шум», подается на вход режектирующего фильтра, который заграждает часть энергии сигнала в определенной полосе частот. С отфильтрованным сигналом смешивается синусоидальный сигнал, суммарный сигнал подается на вход узкополосного ЧМФ, работающего в режиме следящего приема.

На основе программы проведены исследования системы фильтрации частотно-модулированного гармонического сигнала из гауссова белого шума при совместной работе режектирующего и следящего анализирующего фильтров, рассмотрены спектры мощности случайного сигнала с нормальной функцией распределения и узкополосной частотно-модулированной режекцией подмешанного синусоидального сигнала. Показано, что спектр суммарного сигнала идентичен случайному сигналу типа «белый шум». В ходе экспериментов установлено, что отфильтрованный на основе ЧМФ сигнал из смеси «белого шума» и гармоники приобретает амплитудные флуктуации, обусловленные неидеальностью режектирующего и следящего анализирующего фильтров, исследовано влияние топологии и порядка фильтра на величину флуктуаций.

СЕКЦИЯ 5. СВЕТОТЕХНИКА, МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 628.95

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

И.И. АХУНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. НУРУЛЛИН

Предоставляемая солнечными батареями энергия может применяться в различных целях. Она может обслуживать как нужды владельца небольшого загородного дома, так и целого предприятия.

Чаще всего солнечная энергия используется для подогрева воды, которая может быть использована в бытовых целях и для производственных потребностей.

Но более всего солнечная энергия начинает использоваться для получения электричества, в частности ныне получают распространение солнечные фонари. Фонари этого типа установлены в Москве, освещают Мичуринский проспект и Олимпийскую деревню.

В ближайшей перспективе солнечные батареи станут способом подзарядки электромобилей. Кроме того, из базовых направлений практического использования солнечных батарей является космос.

Преимуществом солнечных батарей является то, что они работают долгое время без расхода каких-либо материалов, и в то же время являются экологически безопасными.

Солнечные батареи в настоящее время входят в наш быт, используются в основном, для получения электроэнергии, для питания различных осветительных приборов и электронных устройств.

УДК 628.95

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЛОК-ФАР АВТОМОБИЛЯ

Д.С. СУРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. ЖЕГЛОВ

Современные автомобили марки ВАЗ семейства 21144 оснащены примитивной системой головного и габаритного освещения. Система

освещения, в частности, блоки передних и задних фар, по своим техническим и конструктивным характеристикам близки к оптическим системам автомобилей прошлого века, а именно 80-х годов.

Заводская оптика включает в себя переднюю блок-фару, которая состоит из обычной лампы накаливания мощностью 55 Вт и отражателя. Последний в процессе эксплуатации мутнеет, что говорит о некачественном нанесении напылителя на отражатель. Заключительной деталью блок-фары является защитное стекло, которое выполняет роль рассеивателя.

Современные условия эксплуатации автомобиля, состояние дорог, освещение городских улиц и, конечно же, требования сегодняшнего автомобилиста не позволяют использование штатной оптики в автомобиле ВАЗ 21144 – «народном автомобиле», очень популярном среди молодежи России.

Для достижения хорошего свечения фары, светоотдачи и необходимого светового потока следует произвести модернизацию самой блок-фары. Необходимо выбрать другой вид ламп (галогеновая, ксеноновая, биксеноновая, светодиодная), установить рассеивающую линзу для ближнего света фар, что заметно увеличивает световой поток примерно на 40 %. Полезно заменить штатный отражатель на современную систему параболических отражающих зеркал, которые будут формировать пучок дальнего света. Следует разделить ближний и дальний свет от отдельных ламп. В таком случае каждая лампа будет обеспечивать свою область освещенности вблизи автомобиля. В то же время, следует заменить тусклые лампы накаливания, отвечающие за габаритный свет, и установить светодиоды с углом засветки 140 градусов.

Все эти процедуры значительно увеличат площадь освещаемого участка шоссе перед автомобилем, повысят безопасность и снизят зрительную нагрузку водителя.

УДК 628.95

УСТАНОВКА АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ ТЕАТРА

Л.П. МИНЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

В последние годы освещается все большее количество объектов, идет своеобразное соревнование на масштаб, лучший образец или стиль освещения. В тоже время существует актуальная проблема правильного освещения сооружений, преимущественно в ночное время суток.

Примером является здание Казанского государственного театра юного зрителя, расположенного на пересечении центральных улиц Казани.

При дневном свете раскрывается вся красота старинного здания, где располагается театр. Однако в вечернее время от красоты не остается практически ничего. Фасад здания не имеет никакой подсветки, освещается только улица, где располагается театр.

Предложения по улучшению освещения ТЮЗ были сформулированы по примеру светотехнических решений, использованных в системах освещения других театров.

Можно применить локальную подсветку, расположив светильники с внешней стороны фасада здания между арками окон. Для того, чтобы выделить форму окон можно использовать светодиодную ленту.

Для того, чтобы максимально осветить нижнюю часть фасада здания, можно использовать светильники заливающего света. Для подсветки крыши театра, можно применить систему освещения, которая включает в себя локальную и заливающую подсветку.

Для освещения пространства между окнами балкона, либо пространства под балконом можно применить светодиодные прожектора.

Используя данные приемы освещения можно улучшить внешний вид здания в целом.

УДК 721:535.241.46:006.354

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИЙ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Г. МУНАСИПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х.ТУКШАИТОВ

Неблагоприятное действие пульсации на организм человека возрастает с увеличением ее глубины. Согласно СанПиН уровень пульсаций светового потока должен быть:

- ПЭВМ $K_p \leq 5\%$ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);
- в детских, учебных учреждениях $K_p \leq 10\%$ (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03);
- для самых грубых зрительных работ $K_p \leq 20\%$.

Было проведено измерения коэффициента пульсации светового потока лампы накаливания общего назначения.

Таблица. Усредненные значения K_p лампы накаливания общего назначения

$P, \text{ Вт}$	25	60	75	200
$K_p, \%$	28,2	18,9	12,9	7

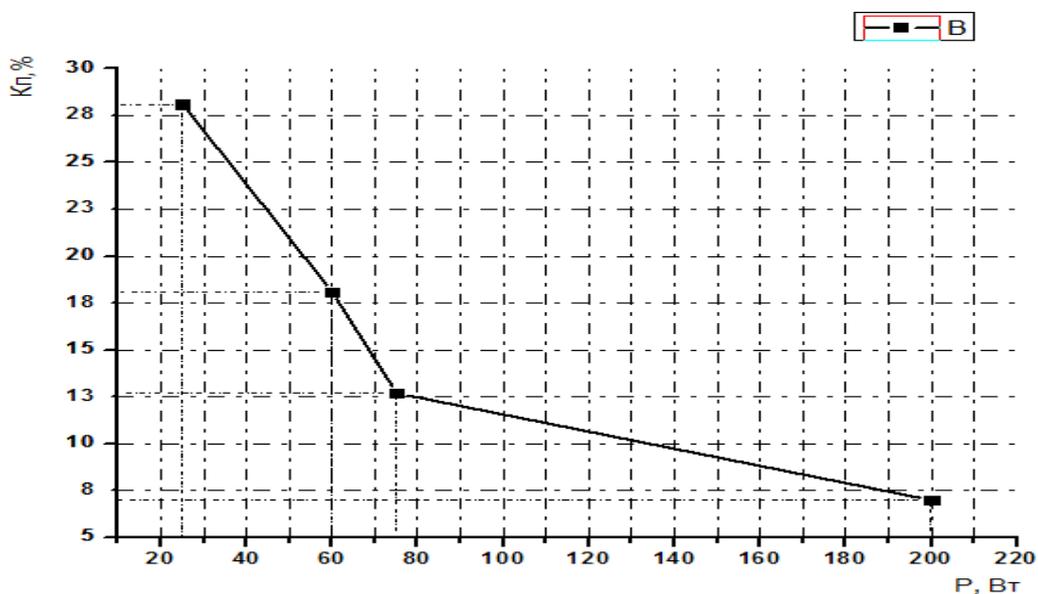


Рис. Зависимость пульсации $K_p, \%$ от мощности лампы $P, \text{ Вт}$

Из рисунка видно, чем меньше мощность ($P, \text{ Вт}$) лампы накаливания, тем больше коэффициент пульсации ($K_p, \%$) светового потока.

УДК 628.9

ЭЛЕКТРОЛЮМИНИСЦЕНТНЫЕ ПАНЕЛИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ

С.О. ГАРЬКАВЫЙ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. ЖЕГЛОВ

Благодаря появлению нового светящегося полимера, практически любой предмет может оказаться источником света, полностью сохранив свою функциональность. Разработанная компанией Crosslink инновационная технология SuperFlex позволяет создавать легкие, гибкие и прочные электролюминесцентные панели на основе политиофена (PEDOT – polythiophene). Панели SuperFlex могут излучать свет не только в видимом, но и в ближнем инфракрасном диапазоне, сохраняя свою способность даже

после их деформации или разрыва. На этой основе созданы устройства, работающие от обычной сети переменного тока. По своей сути панели являются гибкими полимерными светодиодами. Сам осветительный прибор на основе этого полимера представляет собой пленку, которую можно сгибать, мять и даже проткнуть без ухудшения ее функциональности. SuperFlex обладает важными перспективами. Светящимся полимером могут быть покрыты практически любые материалы, включая текстиль, пластиковые и металлические поверхности. Светящиеся полимерные панели имеют большое количество возможных приложений, включая производство светящейся одежды, декоративную подсветку элементов ландшафта, а также создание дисплеев нового типа. Использование этих панелей позволяет экономить рабочее место. Один из необычных вариантов использования SuperFlex в военных целях – изготовление гибких топографических карт, светящихся в инфракрасном диапазоне. Такую карту можно читать в абсолютной темноте, незаметно для противника, используя прибор ночного видения. Первым коммерческим применением новой технологии станут светящиеся панели для военных палаток. В настоящий момент американская армия использует для их освещения обыкновенные лампы дневного света. Из-за хрупкости их приходится перевозить в специальных жестких контейнерах, кроме того, они содержат токсические компоненты (пары ртути), плохо загораются в условиях низких температур и требуют довольно сложного монтажа после установки палатки. Электрорлюминесцентные панели можно сворачивать вместе с брезентом, на котором они укреплены, что позволяет сэкономить много времени, места и сил.

УДК 069.536.2:159.9.07

ВЛИЯНИЕ ЦВЕТОВОГО ОФОРМЛЕНИЯ ИНТЕРЬЕРА ПОМЕЩЕНИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

А.Р. КИЯМУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **З.М. БИЛЯЛОВА;**
ст. преп. **В.А. ВАСИЛЬЕВ**

Символика цвета имеет давнюю историю. Люди с незапамятных времен придавали особое значение чтению «языка красок».

Каждый человек отдает предпочтение одному цвету, в зависимости от того, где эти цвета используются: в одежде, обстановке, цвете автомобиля. Приятное или неприятное чувство, которое вызывает тот или иной цвет, может меняться с течением времени.

Конструируя интерьер помещений, необходимо учитывать социально – демографические особенности – пол, возраст, профессию и т.д. Однако имеются и некоторые общие характеристики воздействия цветов на человека. Преобладание, какого-либо цвета в оформлении помещения создает определенную эмоционально – деловую среду, а цветовая гамма интерьера воздействует на подсознание человека. Голубой цвет способствует лучшему усвоению информации и установлению дружеских взаимоотношений, синий, – рассеивает внимание, снижает работоспособность. Зеленый цвет успокаивающе действует на нервную систему, снимает головную боль, усталость, раздражительность. Красный цвет увеличивает содержание адреналина в крови, повышает работоспособность. Фиолетовый цвет улучшает работу сердца и легких, увеличивает выносливость организма.

Цветовая гамма помещения играет важную роль в жизни детей. Правильное оформление детской комнаты поможет малышу развиваться в гармонии с окружающим его миром. Оформление комнаты в нежных, теплых, пастельных оттенках, сочетая их с яркими элементами, поможет ребенку просыпаться по утрам в бодром настроении. Не стоит делать комнату слишком яркой, это может вызывать раздражительность.

Таким образом, используемая цветовая гамма, воздействуя на подсознание человека, не только улучшает работоспособность, но и влияет на конечные показатели трудовой деятельности.

УДК 628.95

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НОЧНЫХ КЛУБОВ

А.С. ЛЕШЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.Т. ЧЕРНЫХ

В докладе обсуждается разработка по созданию цветомузыкальной установки (ЦМУ) для небольшого помещения площадью до 60 м². Цветомузыкальное устройство такого типа может применяться для оформления цветомузыкальной установки ночных клубов. Автором впервые сделана попытка разработать светотехническую динамическую установку, которая может быть использована для проведения дискотек в помещении до 60 м². Такая задача является актуальной, так как малогабаритная установка может монтироваться в различных, ограниченных по площади, помещениях.

Для реализации разработки проведены экспериментальные исследования, суть которых состоит в следующем. На первом этапе

необходимо было измерить, как изменяется освещённость по высоте помещения. Для этого создан макет прибора, состоящий из люксметра, фотодиода и фоторезистора. С помощью этого макета проведены измерения освещённости на различных высотах в пределах высоты помещения. Данные измерений табулировались и использовались в дальнейшей работе. Поскольку в макете прибора смонтированы три, близко расположенные друг относительно друга прибора, то эти измерения являются точечными измерениями в пространстве. Достоинство данной методики состоит в том, что она позволяет в дальнейшем измерять освещённость на различных высотах помещения посредством одного фотодиода. Проведённые количественные оценки освещённости в ЦМУ, позволили оптимизировать параметры установки, включающей световые приборы типа: Мираж. Мультискан, Драйвер, Стробоскоп, Фарс, светильник ультрафиолетовый. На втором этапе работы было необходимо выбрать рациональное техническое решение, и установить связь с дизайном помещения. Эта связь сводится к целесообразности применения выбранного светового оборудования. При этом учитывалось соотношение стоимости и эффективности светотехнической установки, что не всегда выполняется правильно другими разработчиками. В отличие от известных, автором представлен эскиз макета оригинального размещения оборудования, выбраны приборы, собран макет установки с использованием пространственных конструкций. Приведено изображение трёхмерного расположения элементов разработанной ЦМУ.

УДК 621.311

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА СТУДЕНТА

А.А. ГИЛЯЗОВ, УГАТУ, г. Уфа

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

Для повышения качества обучения при организации рабочего места студента необходимо внедрение индивидуального управления освещением рабочего места в комбинации с общим, окружающим светом.

Автором проведено исследование электрических источников света: накаливания (тепловых), разрядных (люминесцентных) и полупроводниковых (светодиодов – *LED*), на основе которого рекомендуется расширить применение светодиодного освещения при организации рабочего места студента. Это обусловлено достоинствами *LED*:

- высоким уровнем безопасности (малым тепловыделением и низким питающим напряжением);
- длительным сроком службы и энергоэффективностью;
- высокой механической прочностью и надежностью (отсутствием травмоопасных элементов, например стеклянной колбы), а также отсутствие разогрева или высоких пусковых напряжений при включении;
- безынерционностью включения/выключения (реакция меньше 100 нс) и реакцией изменение качества электроэнергии;
- отсутствием преобразователя постоянного/переменного тока; абсолютный контроль (регулировка яркости и цвета в полном динамическом диапазоне);
- наличием полного спектра излучаемого света (или, если требуется, специализированный спектр), а также встроенного светораспределения;
- устойчивостью к низким температурам;
- компактностью и удобством в установке. При этом основными с точки зрения темы исследования являются: отсутствие ультрафиолетового (люминесцентные лампы) и инфракрасного (лампы накаливания) излучений вредных для здоровья; отсутствие опасных веществ (например, ртути); антивандальные свойства; зрительное увеличение расстояния их восприятия человеческим глазом, что позволит улучшить восприятие материала при обучении (информационные табло и т.д.); отсутствие явления фликера. К недостаткам *LED* можно отнести относительно высокую стоимость (цена одного люмена, излученного *LED*, в 100 раз выше, чем галогенной лампы).

Можно сделать вывод, что использование *LED* позволит повысить эффективность и безопасность рабочего места студента.

УДК 621.31

АВТОНОМНЫЙ МОБИЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Д.М. АНДРЕЕВ, К.Ш. ВАХИТОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. доц. Ф.С. АХМАТНАБИЕВ

В Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий – МЧС России приняты на «вооружение» мотоциклы «Урал», как мобильные аварийно-спасательные транспортные средства.

Навесное оборудование мотоциклов включает навесные контейнеры для специального оборудования: инструмент аварийно-спасательный,

медицинские средства, средства радиационной и химической разведки, индивидуальные средства защиты, средства связи, средства специальной и звуковой сигнализации. При этом основным инструментом это гидравлические ручные ножницы.

Но по приезду на место аварии эту машину выключают, а можно было бы использовать двигатель мотоцикла как привод аварийного источника электропитания. Применение аварийного источника электропитания – обеспечение работы специального электроинструмента.

При наличии серьезного источника питания на месте аварии расширяются и возможности скорой медицинской помощи. Тогда скорая помощь, работающая в чрезвычайных ситуациях, должно оснащаться и специальным медицинским оборудованием, адаптированным к мобильному автономному источнику питания или у генератора должен быть преобразовательный блок, приемлемый в таких случаях.

Если появятся наборы специальных инструментов данного класса и произойдет расширение ассортимента инструментов, применяемых в аварийных ситуациях, то можно предусмотреть варианты отдельной эксплуатации генераторов. В таком случае можно будет рассмотреть вариант расчленения и соединения с другим приводом через специальный или универсальный редуктор.

В развитии темы можно рассматривать варианты работы автономного мобильного источника электропитания совместно с легковыми автомобилями, благо их количество настолько возросло, что их можно встретить везде и всегда, иногда и как причину аварийных ситуаций.

УДК 61:577.3

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА УРОВНЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Л.Р. САЯПОВА, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.Х. ХАЙРУЛЛИН

Электромагнитные волны – неизбежные спутники жизни современного человека: источники ЭМ-излучения согревают и освещают дома, обеспечивают мгновенную связь с любым уголком мира. Влияние электромагнитных волн на организм человека сегодня – предмет громких дискуссий. ЭМ-поля биологически активны, поэтому данный вопрос крайне актуален. В сложившихся условиях необходимо проводить мониторинг уровня ЭМ-полей. Для решения данной задачи мы предлагаем использовать

систему, состоящую из датчика Холла, и аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Принцип работы системы заключается в следующем: датчик Холла будет постоянно измерять уровень поля, данные с датчика будут оцифровываться с помощью АЦП и передаваться через оптоволокну оператору. Использование оптоволокну позволит передавать данные на значительные расстояния (мониторинг отдаленных мест). В случае превышения допустимого уровня поля, оператору выдается сигнал тревоги, а на мониторе отображается значение ЭМ-поля на данный момент. Допустимые уровни магнитных полей варьируют от 0,01 мкТл до 2 мТл – это уровни слабых магнитных полей. Необходимость ориентироваться на эти значения вызвана тем, что именно слабые магнитные поля оказывают наименьшее влияние на человека и животных.

Предлагаемая система мониторинга нашла бы широкое применение, например, в больницах или школах, ведь, как известно, влияние ЭМ-поля особенно на людей со слабым иммунитетом и детей может привести к серьезным нервным расстройствам.

УДК 62894.03.044.14

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

С.А. ЛЕЩЕВ, А.В. ПОЗДНЯКОВ, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Л. ДОЛГОПОЛ

Наиболее распространенными источниками света (ИС) для освещения общественных помещений являются люминесцентные лампы (ЛЛ) серии Т8 с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ПРА). Расход электроэнергии на освещение общественных зданий составляет более 50 % от общего электропотребления, поэтому экономия электроэнергии в осветительных установках (ОУ) за счет использования энергоэффективных ИС наиболее актуальна. В настоящее время российскими и зарубежными светотехническими компаниями предлагаются альтернативные источники света для замены ЛЛ серии Т8. Это ЛЛ серии Т5 и светодиодные линейные лампы. На эффективность использования тех или иных ИС влияет их срок службы, световая отдача, потери в ПРА, степень снижения светового потока ламп в процессе эксплуатации.

Как известно, при проектировании ОУ вводится коэффициент запаса (K_3), учитывающий уменьшение светового потока ИС. Значения K_3

нормируются в зависимости от окружающей среды общественных помещений, имеют значения от 1,4 до 1,7 и не зависят от типа ИС. При этом стабильность характеристик ЛЛ серии Т8, Т5 и светодиодных ламп в процессе эксплуатации различна, следовательно, и коэффициент запаса не может быть одинаковым. Для оценки энергоэффективности ИС произведён монтаж испытательной осветительной установки в помещении без естественного света. ОУ состоит из четырех светильников: с ЛЛ серии Т8 мощностью 18 Вт с электромагнитным и электронным ПРА, с ЛЛ серии Т5 мощностью 14 Вт и линейными светодиодными лампами LLT-T8-9W (600mm, 144LED). Новизна научного исследования заключается в том, чтобы:

- установить влияние типа пускорегулирующей аппаратуры на уменьшение светового потока в процессе эксплуатации ламп;
- установить степень снижения светового потока ламп серии Т5 от числа часов их работы;
- оценить степень изменения характеристик светодиодов в процессе эксплуатации.
- разработать рекомендации по снижению электропотребления в ОУ.

УДК 621.323

ЭКСТРЕМИЗМ В МОЛОДЕЖНОЙ СРЕДЕ

А.Д. АХМЕТЗЯНОВА, ВАНГАЙ АГНЕС, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. ст. преп. А.Н. ЧЕРНЯКОВ;

канд. биол. наук, доц. Л.В. СУРОВА

Экстремизм характеризуется как приверженность различных общественных отношений к крайним с точки зрения общества взглядам.

Основной причиной возникновения экстремистских проявлений в молодежной среде, можно считать социальную неустроенность общества и вытекающие из этого проблемы. Следует выделить следующие особенности экстремизма. Во - первых, экстремизм формируется преимущественно в среде, где имеется неопределенность положения молодого человека с его неустановившимися взглядами на происходящее. Во - вторых, экстремизм чаще всего проявляется в ситуациях, характерных отсутствием действующих норматива установок, ориентирующих на законопослушность. В- третьих, экстремизм проявляется чаще в тех обществах и группах, где проявляется низкий уровень самоуважения или же условия способствуют игнорированию

прав личности. В - четвертых, данный феномен характерен для общностей с деформированной культурной, не являющей собой целостности. В - пятых, экстремизм соответствует обществам и группам, принявшим идеологию насилия и неразборчивым в средствах достижения целей.

Деятельность, связанная с профилактикой экстремизма в молодежной среде должна осуществляться сегодня в результате взаимосвязанных и скоординированных действий не только правоохранительных органов, но и органов власти, образовательных, общественно-политических и религиозных организаций.

УДК 543.63:54.062

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИКРОАНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

А.А. КАРТАШОВА, И.С. ЛЕВИН, А.В. ТАНЕЕВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук. проф. В.М. НОВИКОВ

В число основных тенденций развития инструментальных методов анализа промышленных объектов, сырья, материалов, изделий, а также объектов окружающей среды входит направление по миниатюризации приборов и технических средств химического контроля.

Второе важное направление развития инструментальных методов контроля заключается в автоматизации процессов аналитических исследований.

Третье направление связано с объединением как можно большего числа стадий анализа, к которым относится пробоотбор, пробоподготовка, разделение, концентрирование микропримесей, проведение химической реакции и измерение аналитического сигнала в одном приборе достаточно малого размера. Все эти направления ведут к миниатюризации приборов и существенному ускорению во времени процессов, протекающих во время анализа.

Примером использования данных принципов на практике могут служить микрофлюидные системы: иммуноферментные методы анализа, проточно-инжекционный анализ, капиллярный электрофорез, проточная экстракция, ферментативные каталитические методы, а также биохимические исследования. Портативные микрофлюидные системы достаточно часто используют в микрохимической технологии, синтетической химии, а также исследований в области биохимии клетки.

Для создания микрофлюидных чипов как правило используются современные материалы, которые можно разделить на три основные группы. К первой группе относятся кремний и пластические массы, ко второй – кварц и стекло, к третьей – металлические и керамические микрофлюидные чипы.

На данном этапе теоретические и практические аспекты создания микрохроматографических аналитических комплексов с использованием технологии микрофлюидных чипов прорабатываются на базе Центральной аналитической лаборатории хроматографических методов анализа (ЦАЛХМА) при КГЭУ.

УДК 543.63:54.062

КОМПЬЮТЕРНО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДИАГНОСТИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

А.А. КАРТАШОВА, И.С. ЛЕВИН, КГЭУ, г. Казань

В работе предусматривалось определение формальдегида до и после ультразвуковой обработки двумя методами: фотоколориметрическим и газожидкостной хроматографии (ГЖХ) для подтверждения возможности реализации прямого хроматографического определения формальдегида в водных средах.

Как известно, стандартной методикой при определении формальдегида является фотоколориметрическое определение данного поллютанта (ПНД Ф 14.1:2:4.84-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации формальдегида в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом. М., 1996. 15с.; 22 ПНД Ф 14.1:2.84-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации формальдегида в природных и сточных водах фотометрическим методом. М., 1996. 10с.).

По сравнению с данным методом хроматографический анализ отличается более высокой чувствительностью, высокой воспроизводимостью, экспрессностью, возможностью определения широкого спектра загрязнителей, присутствующих в анализируемой пробе, работой в автоматическом режиме, отсутствием пробоподготовки. В связи с этим, в работе была осуществлена попытка прямого определения формальдегида в водной среде.

На сегодняшний день в практике реализованы методы определения формальдегида на основе реакционной хроматографии, отличающейся

сложностью пробоподготовки. Однако в литературе отсутствуют сведения о прямом определении формальдегида в водной среде.

Учитывая полярные свойства формальдегида, в работе была предпринята попытка прямого определения формальдегида методом ГЖХ с использованием высокополярной фазы, нитрилотрипропионитрила.

В результате получены хроматограммы количественного и качественного определения формальдегида в водах культурно-бытового назначения с использованием компьютерно-хроматографического комплекса.

УДК 621.311.22

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И ПОДСТАНЦИЯХ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Д.В. СОКОЛОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. А.Н. ЧЕРНЯКОВ

В последние годы в энергосистеме Татарстана активно внедряются микропроцессорные устройства и системы. Эти системы охватывают все направления электро и теплоэнергетики. Большинство таких систем работают через локальную информационную сеть энергосистемы. Безопасность данных сетей и самой микропроцессорной техники на данный момент вызывает ряд замечаний, от решения которых зависит безопасность самой энергосистемы.

В данной работе рассматривается обеспечение информационной безопасности систем релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистемы Татарстана. На ключевых объектах энергосистемы в процессе реконструкции установлены современные устройства РЗА и ПА, которые подключены к локальным информационным сетям и имеют возможность управления с помощью удаленного доступа. Удаленный доступ организуется со специализированного сервера системы РЗА и ПА. Несанкционированный доступ к данному серверу может нанести значительный ущерб, как энергосистеме Татарстана, так и соседним энергосистемам. На данный момент защита локальной сети и серверов от внутреннего проникновения не совершенна и вполне допускает злонамеренный ее взлом изнутри. Предлагаются технические и организационные меры защиты локальной информационной сети от несанкционированного взлома. К техническим средствам относятся: сложные пароли на терминалах, на серверах и на

рабочих станциях пользователей, специализированное ПО для проверки подлинности присылаемого ПО и отсутствия в нем вирусной составляющей. К организационным относятся: всесторонний административный контроль и разработка мер противодействия проникновению на объект вредоносных программ.

УДК 621.38 + 61

ИНТЕГРИРУЮЩИЙ ТЕРМОМЕТР

М.Ф. ЗАМАЛТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Авторами разработан интегрирующий термометр медицинский цифровой прецизионный (ИТМЦП-1), предназначенный для косвенного измерения величины воздействия энергетического фактора на организм посредством измерения косвенного физического параметра — температуры.

Данный прибор позволяет вычислять интегральное значение температуры. При проведении, например, лазерной терапевтической процедуры в урологии врач может измерять температуру органа-«мишени», на который нацелена процедура. Измерение температуры проводится до процедуры, вычисляется её тренд и среднее значение $T_{\text{ср}}$. Затем начинается терапевтическая процедура. Одновременно записывается временная метка, соответствующая началу процедуры. Значение температуры органа-«мишени» продолжается регистрироваться и записываться. Из каждого следующего значения температуры вычитается среднее значение, вычисленное до процедуры. Полученные разности интегрируются по времени. Вычисленная интегральная температура сравнивается с наперёд установленной величиной, являющейся своего рода «энергетической ёмкостью» процедуры. Как только интегральная температура достигнет заданной величины, процедура прекращается. И так, несмотря на различие чувствительности к внешнему энергетическому потоку организма каждого конкретного пациента, интегральная величина температуры является тем фактором, который позволяет проводить процедуру «одинаково» для каждого конкретного пациента.

Были проведены сравнительные эксперименты по влиянию параметров терапевтического воздействия на скорость изменения интегрального значения температуры. Отсюда сделан вывод, чем быстрее увеличивается интегральная температура, тем более эффективным оказывается воздействие.

УДК 621.039: 614

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

И.Т. КУТЛУБАЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.А. АВЕРЬЯНОВА

Взрывы на японской АЭС вызвали во всем мире дискуссии о том, насколько безопасна атомная энергетика. Причина антиядерных дискуссий в мире сводится в основном к статусу Японии как самой продвинутой, технологически совершенной, и оттого, безопасной страны.

В настоящее время Германия откладывает программу продления срока эксплуатации своих атомных электростанций. Швейцария приостанавливает строительство новых АЭС. США не намерены менять свои планы в области ядерной энергетики, но, по словам американского президента, необходимо «улучшить систему безопасности и работу самих станций».

Россия также не планирует останавливать развитие атомной энергетики, и, хотя АЭС России не находятся в сейсмически активных областях, нужно учитывать все факторы, чтобы заблаговременно предотвратить аварии (и катастрофы) не только на объектах атомной энергетики, но и всего топливного энергетического комплекса в целом. Первый шаг к выходу на новый уровень безопасности уже сделан.

Особенностью проблемы надежности является ее связь со всеми этапами «жизненного цикла» объекта, поэтому сбор информации об отказах оборудования и других систем должен осуществляться постоянно. Эти результаты должны использоваться при декларировании безопасности эксплуатируемых объектов.

В соответствии с Положением «О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» Ростехнадзор уполномочен вести контроль и надзор за безопасностью опасных производственных объектов, критически важных объектов национальной экономики, объектов энергетики. Учитывая большое число объектов надзора и контроля, Ростехнадзор признал для себя важным и целесообразным использовать систему аккредитации в области оценок соответствия в рамках Единой системы оценки соответствия.

УДК 628.1.932.2:628.971.6

О ТЕХНОЛОГИИ ОСВЕЩЕНИЯ FLAT BEAM

Д.К. ЧУРАКОВА, МГУ им. Н. П. Огарёва, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. АШРЯТОВ

В настоящее время для освещения улиц, дорог, а также для освещения дворов и промышленных территорий широко используется обычная система освещения, когда осветительные приборы устанавливаются на опоре или подвешиваются на тросе на высоте 6-15 м. По условиям обеспечения нормируемой равномерности распределения яркости дорожного покрытия применяются различные схемы расположения опор: односторонняя; осевая; двухрядная шахматная; двухрядная прямоугольная; двухрядная по оси улицы; двухрядная прямоугольная по осям движения [1].

В тоже время, для эффективного освещения дорог специалисты фирмы «THORN» разработали технологию освещения Flat Beam, которая позволяет снизить высоту монтажа светильников. Наиболее эффективно применение данной технологии там, где имеются ограничения по высоте и весу, установленных опор освещения, для территорий с ограничением пространства для обслуживания приборов, а также для объектов с повышенными требованиями к ослепленности, в частности для освещения мостов [2].

При проектировании освещения мостов решаются разнообразные задачи, основными из которых являются: энергоэкономичность освещения; устойчивость светильников к вибрации, которая часто имеет место на мостах; увеличение продолжительности срока службы осветительных приборов; сведение к минимуму частоты плановых обслуживаний приборов; обеспечение достаточного уровня освещения при хорошей равномерности. Светильники не должны своим ярким светом ослеплять водителей или пешеходов. Большинство этих требований предъявляются и к осветительным приборам, используемым в обычной системе освещения. В связи с этим целесообразно для создания энергоэффективного освещения улиц и дорог широко применять технологию освещения Flat Beam и, соответственно, для каждого конкретного применения разрабатывать светильники нового поколения, которые будут удовлетворять стандартам безопасности.

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М: Знак, 2006. - 972 с.

2. Thorn Lighting, Flat Beam® technology, <http://www.thornlighting.com>

УДК 621.382.2

СВЕТОДИОДНЫЙ СВЕТИЛЬНИК ПЕРЕМЕННОЙ ЦВЕТНОСТИ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

П.А. ГРИШИН, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. ФЕДОРЕНКО;
канд. техн. наук, доц. А.А. АШРЯТОВ

Главной задачей современной светотехники является создание комфортной световой среды для труда и отдыха человека, сохранения здоровья. Очень важной характеристикой световой среды является её многофункциональность. При этом экономически целесообразно изменять интенсивность и цвет излучения не с помощью большого числа светильников, а с помощью одного многофункционального светильника (МФС), и желательно это делать дистанционно.

Нами был сконструирован многофункциональный светодиодный светильник переменной цветности с дистанционным управлением, который имеет ряд преимуществ по сравнению с однофункциональными световыми приборами. Во-первых, применение светодиодов излучающих красный, зеленый и синий цвета в любых пропорциях позволяет в широких пределах изменять спектр излучения. Тем самым можно получать любое цветное излучение всего радужного спектра, в том числе и белого. Во-вторых, контроллер светильника позволяет изменять интенсивность свечения в пределах 8 ступеней. Можно как уменьшать, так и увеличивать яркость излучения светодиодов. В-третьих, светильник устроен таким образом, что мы можем менять частоту излучения различных цветов. И наконец, четвертое преимущество заключается в том, что все вышеперечисленное можно осуществлять с помощью дистанционного управления.

Данный МФС позволяет расширить проведение визуальной световой цветотерапии, а также может найти применение для местного и общего декоративного освещения; для внутреннего освещения общественных учреждений и офисов. В ресторанах это позволяет создать более гостеприимную атмосферу за счет изменения холодного цвета излучения на более теплый. Можно менять программируемую цветовую среду для цветомузыки, для имитации естественной среды (восход и закат Солнца) на объектах с замкнутым жизненным пространством (космические корабли, подводные лодки); для акцентирующего цветового освещения в быту и зонах отдыха (зеленый уголок, елка, аквариум и т.д.); для освещения растений и выращивания рассады.

УДК 628.9:657.6-051

ПРОВЕДЕНИЕ СВОТОВОХНОВОСОВОГО АУДИТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ

Э.А. АМЕЛЬКИН, МГУ им. Н. П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.А. АМЕЛЬКИНА

Проведено обследование цеха по производству пускорегулирующих аппаратов (ПРА) ОАО «АСТЗ» по светотехническим требованиям. Размеры объектов различения в сборочном цехе ПРА различны. На участке штамповки при выполнении слесарных работ встречаются работы Пв разряда, на участке финишной сборки работы IVб разряда, а при исправлении брака - IIIа, на линии сборки ПРА - IVб, на участках намотки катушек - IIIб. Только на участке пропитки работы выполняются грубые (VI разряд). Исходя из существующих видов работ, на участках намотки катушек рекомендуется система комбинированного освещения с уровнем освещенности 1000 лк. На участках конвейерной сборки ПРА рекомендуется уровень освещенности 500 лк в системе комбинированного освещения. При проектировании общего освещения следует максимально снижать неравномерность освещенности в зоне размещения рабочих мест.

Результаты технического обследования действующих осветительных установок свидетельствуют о том, что при комбинированной системе освещения уровень освещенности составляет порядка 20-30 % от нормируемого значения. Более 60 % световых приборов (СП) вообще не работают. Так же используются СП с ЛН мощностью до 500 Вт. Таким образом, обследование свидетельствует о несоответствии условий освещения, требованиям действующих норм и необходимости разработки проекта модернизации.

Перспективными для освещения сборочных цехов являются МГЛ. Для снижения пульсации освещенности на рабочих местах при использовании ГЛВД необходимо предусматривать их равномерную расфазировку на три фазы питающего напряжения. Светильники с ЛЛ должны выбираться с ЭПРА. Местное освещение в зависимости от технологии производства и характера организации рабочих мест может создаваться двумя способами: комплектоваться индивидуальными ОП и компактно располагаться в пространстве над рабочими местами (конвейеры и поточные линии). Линии ОП можно монтировать на монтажных коробах, шинопроводах, крепить на тросах, стальных трубах, перфорированных профилях и др.

УДК 628.931

О КОНТРОЛЕ РАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО ИСТОЧНИКОМ СВЕТА

Н.С. ВЯЗАНКИН, МГУ им. Н. П. Огарёва, г. Саранск
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. А.А. АШРЯТОВ

Для создания комфортной световой среды с высокими функциональными и эстетическими параметрами в таких помещениях общественных зданий, как музеи, выставочные залы, зрительные залы, фойе необходимо обеспечить оптимальные условия тенеобразования, гарантирующие правильное восприятие рельефных деталей. Тенеобразующие свойства зависят от соотношения прямой и диффузной составляющих светового потока, падающих на рельефный объект и близлежащие участки фона. В освещении экспонатов достаточно широко применяются малогабаритные галогенные лампы накаливания (ГЛН) с отражателями. В каталогах производителей существующих источников света, используемых для акцентирования освещения, приводится разнообразная информация, в том числе зависимость, создаваемой лампой освещенности объекта от расстояния до него, но не учитывается равномерность распределения освещенности в пределах самого пятна. В процессе исследования светораспределения галогенных ламп накаливания различного типа, было обнаружено, что некоторые ГЛН не обеспечивают равномерную освещенность в пределах светового пятна.

Для правильного восприятия освещаемого объекта необходимо осуществлять отбор источников света для таких целей по равномерности распределения освещенности в пределах светового пятна. Соответственно, для оперативного контроля данной характеристики источника света, которую целесообразно ввести в перечень светотехнических характеристик, необходимо соответствующее оборудование, которое в настоящее время отсутствует. Следовательно, необходимо разработать прибор, с соответствующим программным обеспечением, позволяющий оперативно контролировать качество источников света с точки зрения равномерности освещения и тем самым способствовать обеспечению комфортной световой среды. В дальнейшем использовать такой прибор в технологическом процессе производства источников света для акцентного освещения при контроле создаваемой ими равномерности освещения, что позволит повысить качество выпускаемых ламп. Соответственно, такие лампы в своей маркировке должны отличаться от обычных источников света для акцентного освещения.

СЕКЦИЯ 6. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

УДК 621.316

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО
ПРИВОДА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ**

Р.М. АСТАШКИН, КГЭУ, г. Казань

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

Исследования и опыт эксплуатации показывают, что частотно-регулируемые асинхронные электроприводы вносят ряд особенностей при построении схем электроснабжения и оказывают влияние на протекание электромагнитных и электромеханических процессов в установившихся и динамических режимах работы энергосети. Преобразователи частоты представляют собой установки, содержащие устройства силовой электроники с нелинейными вольтамперными характеристиками. Процессы высокочастотной коммутации IGBT-транзисторов, сопровождаются скачкообразным изменением параметров цепей, приводят к искажениям форм напряжения и тока, как в сети электроснабжения, так и в электродвигателях. Искажения сопровождаются генерированием высших гармоник, перенапряжениями на статоре двигателя и в кабельных линиях.

Конечной целью выполнения измерений параметров сети, является оценка степени воздействия преобразователя частоты на питающую сеть, подбор оптимального устройства компенсации, и снижении отрицательного воздействия на питающую электрическую сеть.

УДК 621.315.592

**ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА**

А.Н. ГАВРИЛЕНКО, КГЭУ, г. Казань,

Б.В. КОРЗУН, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, г. Минск,

В.Л. МАТУХИН, КГЭУ, г. Казань,

В.З. ЗУБЕЛЕВИЧ, Г.П. ЯБЛОНСКИЙ, институт физики им. Б.И. Степанова
НАН Беларуси, г. Минск

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

Изучение полупроводниковых материалов со структурой халькопирита (CuFeS₂) интересны как с фундаментальной точки зрения, так и в связи с их

применением в солнечной энергетике и полупроводниковой электронике. Целью данной работы являлось исследование излучательных свойств твердых растворов, образующихся в системе $\text{CuAlS}_2 - \text{CuFeS}_2$.

Измерены спектры фотолюминесценции монокристаллов $0.99\text{CuFeS}_2 - 0.01\text{CuAlS}_2$ и $0.01\text{CuFeS}_2 - 0.99\text{CuAlS}_2$, выращенных из газовой фазы с использованием в качестве газа-транспортера иода. Измерения проводились в криостате при возбуждении HeCd лазером с длиной волны 325нм.

1. Установлена взаимосвязь технологии выращивания и эффективности излучательной рекомбинации. Полученные результаты позволяют судить о влиянии концентрации серы на интенсивность люминесценции.

2. Получены зависимости спектра излучения от температуры в диапазоне от 20 до 300К. Спектр $0.99\text{CuFeS}_2 - 0.01\text{CuAlS}_2$ и состоит из 3-х узких линий 407нм (полуширина 3нм), 424нм (полуширина 17нм), 480нм (полуширина 19нм) и широкой полосы 628нм (полушириной 40нм). Линия 424нм наиболее интенсивная, а линии 480 и 628нм малозаметны. Между линиями 407 и 424нм наблюдается конкуренция в росте интенсивности с уменьшением температуры. Около 80К проявляется линия 412нм и к 40К почти сравнивается с соседними. При 20К максимальной становится линия 407нм. Положения узких линий незначительно сдвигаются с температурой.

3. Определены спектры зависимости люминесценции от уровня возбуждения в диапазоне от 0 до 1Вт/см². Максимумы линий 407нм и 424нм не смещаются, однако при приближении к максимуму уровня возбуждения заметно резкое снижение скорости роста интенсивности излучения.

Изучение люминесценции монокристаллических систем переменного состава со структурой халькопирита позволяет лучше понять поведение и свойства этих полупроводниковых материалов, разработать технологии их получения и возможности применения.

УДК 66-931.2

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ АНОДНОУСТОЙЧИВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

А.В. ДВОРЦОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Применение новых анодноустойчивых материалов – приоритетное направление электрохимической защиты. Основное требование,

предъявляемое к анодному заземлителю – малая скорость анодного растворения. В соответствии с законом Фарадея 1А анодного тока за 1 год растворяет около 10кг железа. Например, 750 катодных станций со средним током 20А каждой из них и суммарным 15000А за один год превратят ни во что 150000кг железа. Поэтому наряду с графитом и со сталью, которая ещё применяется при катодной защите, создан ряд материалов, предназначенных для изготовления слаборастворимых анодов катодных станций.

При растворении стальных электродов газ практически не выделяется, поэтому материальные затраты на коррозию соответствуют закону Фарадея. Теоретические расчёты показывают, что скорость растворения ферросилида существенно зависит от плотности тока, чем графита. Из рис.1 следует, что скорость растворения ферросилида растет с увеличением плотности анодного тока. Скорость растворения заметно снижается при использовании коксовой засыпки. Рекомендуемая плотность анодного тока 10-50А/м².

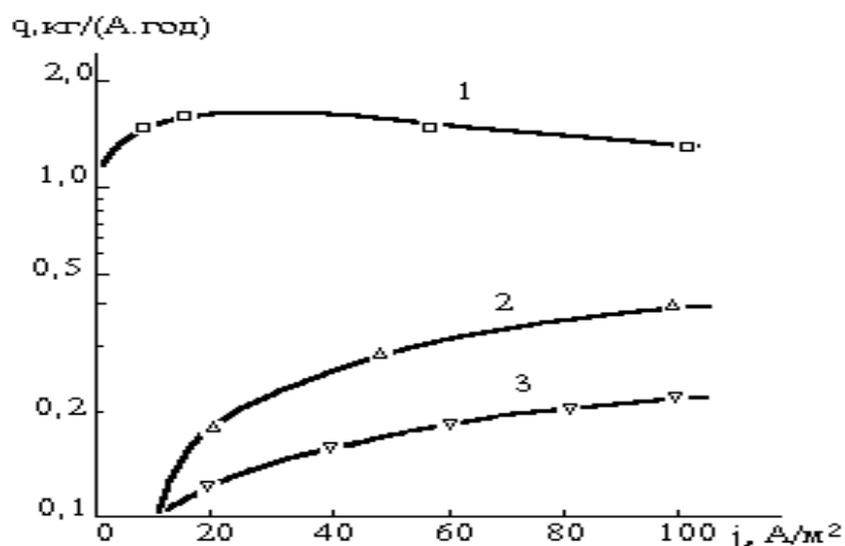


Рис.1. Скорость коррозии анодных заземлителей

1- графитовый электрод без коксовой засыпки; 2- ферросилидовый электрод без коксовой засыпки; 3- ферросилидовый электрод с коксовой засыпкой.

Исследования, подтвержденные практикой, показали возможность увеличение срока службы анодных заземлений за счёт применения новых ферросилидовых электродов с коксовой засыпкой.

УДК 621.38

СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕНТРОВ ТУЛИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ КРИСТАЛЛЕ PbGa_2S_4

Р.Р. ЗАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А.УЛАНОВ

Решение проблемы поляризации спиновых моментов электронов проводимости на границах «узкозонный полупроводник – ферромагнетик» в настоящее время является актуальным в связи с появлением нового направления в электронике – спинтроники. К настоящему времени выполнено большое число работ, которые в основном были связаны с распространенными полупроводниковыми материалами. Явление поляризации спинов в узкозонных полупроводниках остаётся малоизученными в связи с тем, что такие высокоинформативные методы исследования этих веществ как оптика и рентгеноструктурный анализ оказываются малоэффективными по причине малой прозрачности этих материалов (оптика) или низкой чувствительности к малым концентрациям примеси (рентгеноструктурный анализ).

ЭПР в этом ряду методов исследований представляется перспективным инструментом изучения эффектов поляризации спинов. Поэтому целью данной работы было изучение методом ЭПР магнитных свойств и структуры парамагнитных центров тулия в новом полупроводниковом кристалле PbGa_2S_4 .

Для проведения экспериментов использовался спектрометр E-12 фирмы «Varian», расположенный в КФТИ КазНЦ РАН. Эксперименты проводились на частоте 9,3 ГГц при температуре жидкого гелия (4,2К). На спектрах наблюдались линии, свидетельствующие о наличии в кристалле парамагнитных центров. Исследуемый образец вращался вокруг кристаллографической оси c . В полученных экспериментальных угловых зависимостях определены экстремальные точки, связанные с осями магнитной симметрии центров. Анализ угловых зависимостей положений линий ЭПР показал, что в исследуемом образце присутствует два вида центров тулия. В спектрах обоих типов центров наблюдалась сверхтонкая структура, обязанная взаимодействию электронного магнитного момента с ядерным моментом тулия ($I = \frac{1}{2}$). Определены параметры, описывающие наблюдаемую сверхтонкую структуру и расщепление между двумя электронными спиновыми уровнями, участвующими в резонансе.

УДК 661.66, 539.23

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЁНОК АМОРФНОГО И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

М.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, И.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

Плёнки аморфного и нанокристаллического гидрогенизированного кремния широко используются при создании различных тонкоплёночных оптоэлектронных и электронных приборов. Основным методом получения таких плёнок – плазмохимическое разложение смеси моносилана с инертными газами. В частности при формировании плёнок $nc-Si:H$ используется смесь моносилана с водородом с различным процентным соотношением, в результате чего получаются плёнки с двухфазной структурой, состоящей из аморфной и нанокристаллической фазы. Варьируя соотношение газов, можно изменять процентное содержание той или иной фазы. Получаемые таким образом плёнки можно изучать различными методами (рамановская спектроскопия, просвечивающая электронная микроскопия). В данной работе анализировались оптические спектры пропускания для выявления связи их формы с условиями их синтеза. Кроме того, практический интерес представляет изучение зависимости оптических свойств плёнок при повышении температуры.

Плёнки аморфного и нанокристаллического гидрогенизированного кремния толщиной 300 нм были получены при плазмохимическом разложении смеси моносилана с водородом в плазме высокочастотного тлеющего разряда в Физико-техническом институте им А.Ф. Иоффе Российской академии наук (Санкт-Петербург, Россия). Объёмное отношение газов $RH = [H_2]/[SiH_4]$ в реакционной камере находилось в диапазоне 3-10. Серия образцов включала следующие типы плёнок, осаждённых на стекле: $i-a-Si:H$, $a-Si:H$ n-тип, $i-\mu c-Si$, $\mu c-Si$ p-тип.

Оптические спектры пропускания были получены в КГЭУ на спектрофотометре марки Lambda 25 фирмы Perkin Elmer, рабочий диапазон которого располагается от среднего ультрафиолета (190 нм) до начала коротковолновой инфракрасной области спектра (1100 нм). Для изучения температурной зависимости была собрана приставка к установке, в которую помещается образец. Температуру внутри такой приставки можно изменять в диапазоне от 300 до 450 К.

УДК 661.66, 539.23

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭЛЕКТРОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЁНОК АМОРФНОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

М.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, с.н.с. В.С. ЛОБКОВ;

канд. физ.-мат. наук, с.н.с. Г.М. САФИУЛЛИН, КФТИ КазНЦ РАН, г. Казань;

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

Аморфный и нанокристаллический гидрогенизированный кремний – широко используемый при создании различных тонкоплёночных оптоэлектронных и электронных приборов материал. Основным методом получения таких плёнок является плазмохимическое разложение смеси моносилана с инертными газами. В частности при формировании плёнок nc-Si:H используется смесь моносилана с водородом. Варьируя соотношение газов, можно изменять процентное содержание аморфной и нанокристаллической фазы. Свойства таких плёнок можно изучать различными методами. Высокое временное разрешение, необходимое для изучения быстропротекающих процессов в среде, можно достичь методами фемтосекундной спектроскопии: метод «накачка-зондирование» и метод наведённой «решётки». Первый метод позволяет определить время перехода системы в равновесное состояние (время релаксации), второй – подвижность электронов в материале. Кроме того, в данной работе анализировались оптические спектры пропускания для выявления связи их формы с условиями их синтеза.

Плёнки аморфного и нанокристаллического гидрогенизированного кремния толщиной 300 нм были получены при плазмохимическом разложении смеси моносилана с водородом в плазме высокочастотного тлеющего разряда в Физико-техническом институте им А.Ф. Иоффе Российской академии наук (Санкт-Петербург, Россия). Объёмное отношение газов $RH = [H_2]/[SiH_4]$ в реакционной камере находилось в диапазоне 3-10. Серия образцов включала следующие типы плёнок, осаждённых на стекле:

$i\text{-}\alpha\text{-Si:H}$, $\alpha\text{-Si:H}$ n-тип, $i\text{-}\mu\text{s-Si}$, $\mu\text{s-Si}$ p-тип.

Измерения фемтосекундными методами были произведены в КФТИ КазНЦ РАН в лаборатории быстропротекающих молекулярных процессов. Оптические спектры пропускания были получены в КГЭУ на спектрофотометре марки Lambda 25 фирмы Perkin Elmer.

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ СОЕДИНЕНИИ CuAlO_2 МЕТОДОМ ЯКР

Д.Н. ШУЛЬГИН, С.В. ШМИДТ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

Полупроводниковое соединение CuAlO_2 относится к группе прозрачных проводящих оксидов (ППО) с электрической проводимостью р-типа, эти соединения имеют химическую формулу CuMO_2 , где М-трехвалентный металл (М-Al, Ga, Sc, Y, Cr). Активный интерес к этой группе соединений обусловлен перспективой их практического применения в целом ряде технических устройств (фотовольтаические ячейки, электронные дисплеи, термоэлектрические материалы и т.д.).

В настоящей работе приводятся результаты изучения нестехиометрических образцов полупроводникового соединения CuAlO_2 методом ядерного квадрупольного резонанса ($\square\text{КР}$) Cu. Методом твердофазного синтеза было приготовлено несколько поликристаллических образцов CuAlO_2 , отличающихся температурой и временем синтеза. Измерения спектров ЯКР Cu проводилось на импульсном ЯКР-спектрометре ИС – 3 путем интегрирования сигналов спинового эхо с непрерывным прохождением частотного диапазона. Спектры ЯКР Cu наблюдали в температурном диапазоне от 77 К и выше. Радиоимпульсы имели мощность, достаточную для полного возбуждения резонансных линий (до 100кГц). Поскольку интенсивность сигналов ЯКР-эхо оказалась достаточно высокой, измерения были выполнены в расширенном температурном диапазоне. Для проведения температурных измерений использовался потоковый криостат. Полученный спектр ЯКР Cu в соединении CuAlO_2 состоял из двух резонансных линий, соответствующих двум изотопам меди ^{63}Cu и ^{65}Cu . Получены следующие результаты: 1) экспериментальная зависимость $n(T)$ оказалась линейной во всем исследованном интервале температур, причем частота ЯКР растет при охлаждении кристалла; 2) ширина линии ЯКР Cu не испытывает каких-либо аномалий и остается постоянной во всем исследованном температурном диапазоне ($\Delta n_{1/2} = 60$ кГц); 3) для всех исследованных нами образцов наблюдались практически одинаковые значения ЯКР параметров. Полученные результаты обсуждаются на основе представлений о дефектной структуре полупроводниковых соединений со структурой делафоссита.

УДК 512.667, 517.5

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОЛУГРУППЫ $Z+\{1\}$

В.А. ТЕПОЯН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. С.А. ГРИГОРЯН

Рассмотрим полугруппу $Z+\{1\}$. Пусть $\pi:Z+\{1\}\rightarrow V(H)$ бесконечномерное неприводимое представление этой полугруппы в $V(H)$ изометрическими операторами. Зададим базис в $V(H)$ $\{e_0, e_2, e_3, e_4, \dots\}$. Определим операторы T_2 и T_3 следующим образом:

$$T_2 e_i = e_{i+2} \text{ и } T_3 e_i = e_{i+3},$$

для любого i из $Z+\{1\}$.

Обозначим $[\pi(Z+\{1\})]$ C^* -алгебру образа $Z+\{1\}$. Тогда C^* -алгебра $[\pi(Z+\{1\})]$ порождается операторами $\{T_2, T_2^*, T_3, T_3^*\}$.

Предложение. Пусть $\pi:Z+\{1\}\rightarrow V(H)$ бесконечномерное неприводимое представление. Тогда множество компактных операторов $K(H)$ содержится в $[\pi(Z+\{1\})]$.

Теорема. Существуют два унитарно неэквивалентных бесконечномерных неприводимых представлений полугруппы $Z+\{1\}$.

Следствие1. C^* -алгебры $[\pi_1(Z+\{1\})]$ и $[\pi_2(Z+\{1\})]$ изоморфны алгебре Теплица.

Следствие2. Фактор-алгебра $[\pi(Z+\{1\})]/K(H)$ изоморфно алгебре неприводимых вещественных функций на окружности $C(S^1)$.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Губаев Д.Ф. Магнето-термо-гидродинамическая модель предотвращения взрывов и пожаров трансформаторов, автооттрансформаторов, устройств РПН	3
Сироткин О.С. Физикохимические основы специфики природы и свойств наноструктурного уровня организации вещества	6
Тукшаитов Р.Х. Современное состояние и достижение в области разработки производства светодиодов и светодиодных устройств	14
Streil Thomas, Demidov Andrey. Studies of radon concentration in soil in Kazan using the RTM 1688-2 Geo Station.	18
Лившиц С.А. Бифуркационные явления при течении нелинейно-вязких жидкостей.	19
Тимофеев Р.А. К вопросу о роли приоритетных рисков региональных сетевых энергокомпаний.	21
Наумов В.А., Разумов Р.В. Противоаварийная автоматика энергосистем ООО «НПП «ЭКРА»: основные возможности, предлагаемые решения, цифровая ПС	27
Низамов И.И. Установление приоритетов технологического резервирования в электрической либо технологической части промышленных производств	31

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

Абубакирова А.М. Области применения низкоомного и высокоомного резистивного заземления.	34
Ахунов Р.М. Определение возможности возникновения феррорезонанса на Нижнекамской ГЭС.	35
Абдуллин А.Р. Влияние умных сетей на надежность электроснабжения потребителей.	36
Антонов А.А. Особенности расчёта коротких замыканий в пофазно-экранированных кабельных линиях.	36
Абдулвелеев И.Р., Зинатулин Р.М. Сравнение типов опор по ветровым нагрузкам с применением систем автоматизированного проектирования.	37

Ахметшин А.Р. Оборудование для устранения негативных явлений в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ.	38
Ахмеров Т.Л., Валиуллина Д.М. Оптический метод определения взвешенных частиц твердой фазы в изоляционном масле	39
Алмакаева Р.И. Резервные источники энергоснабжения на топливных элементах, использующих водород и метанол в качестве топлива	41
Билалов К.Р. Выбор ОПН для линий и подстанций 110-220 кВ	42
Борисова А.М. Диагностическая модель состояния изоляции силовых трансформаторов	43
Вермаховский А.Н. Разработка методов оптимизации сети собственных нужд станций и подстанций	44
Вантяев О.Е. Исследование диэлектрических характеристик изоляции устройств высокого напряжения	45
Ведерникова Е.С., Шишков Е.М. Об особенностях расчёта установившихся режимов комбинированных воздушных линий электропередачи	46
Ведерникова Е.С., Шишков Е.М. Определение коэффициентов несимметрии по напряжению в двухцепных линиях электропередачи	47
Веселова К.С., Гундаев А.В. Применение вставок постоянного тока для ограничения токов короткого замыкания в электрических сетях мегаполисов	48
Веселова К.С., Гундаев А.В. Проблемы ограничения токов коротких замыканий в электрических сетях мегаполисов	49
Гулин В.С. Пути повышения надежности распределительных сетей 10 кВ на примере производственного отделения «Йошкар-олинские электрические сети» филиал «Мариэнерго»	50
Газизуллин И.Т. Проведение экспериментальных работ на лабораторном стенде по изучению принципов действия дифференциальной защиты трансформатора и максимальной токовой защиты линии на участке сети линия-силовой трансформатор	51
Галеев И.З. Координация изоляции элегазового оборудования при модернизации подстанции 110/10 кВ	52
Гарафутдинов А.Ф. Объединенная электрическая цепь схем АПВ и неселективной сигнализации собираемая на лабораторном стенде	53
Гатауллин Д.Г. Инновационный высоковольтный элегазовый выключатель-разъединитель	54
Гилязутдинов З.Р. Согласование совместной работы защиты линий и трансформатора от однофазных и двухфазных замыканий на землю на лабораторном стенде	55

Газизова Л.Р., Телякова А.Р. Повышение надежности электросетевого оборудования при подготовке к грозовому сезону в Республике Башкортостан	56
Джалгасынова С.Д. Заземление в горных условиях	57
Загирова Д.Н. Анализ состояния генерирующего оборудования	58
Зайнуллин Р.Р. Системы управления асинхронными двигателями	59
Закиров И.И. Диагностика изоляции электрооборудования высокого напряжения по ее диэлектрическим характеристикам	60
Зарипова Л.М. Мониторинг как средство повышения надежности электрооборудования	61
Иванов О.И. Диагностика состояния целлюлозной изоляции силовых трансформаторов	62
Илькин И.Ф. Исследование повышения защиты от перенапряжения и разработка системы защиты от них ОРУ 220 кВ	63
Исламов И.Х. Разработка метода повышения надёжности электроснабжения в сетях 6-10 кВ промышленных предприятий	64
Исхаков И.Р. Применение защиты линий и трансформатора от однофазных и двухфазных замыканий на землю на лабораторном стенде	65
Исхакова А.И. Особенности развития и функционирования региональной энергосистемы в условиях рынков электроэнергетики, мощности и системных услуг на примере энергосистемы Татарстана	66
Костарев И.А. О возможности применения защиты от однофазных замыканий, основанной на контроле пульсирующей мощности, в сети с компенсированной нейтралью	67
Калматов Ч.Ч. Особенности монтажа ЛЭП 500 кВ в высокогорных условиях	68
Кантуганов И.Ф. Исследование режимов сети 10/0,4 кВ с целью выявления оптимальных режимов по допустимым отклонениям напряжения на шинах 0,4 кВ потребителей	69
Кондратьев Д.С. Диагностика трансформаторного масла	70
Корягин К.Е. Моделирование на лабораторном стенде МТЗ линии и МТЗ трансформатора	71
Краснова А.В. Альтернативная энергетика России	72
Кунатов С.Е. Оптимальные методики диагностирования теплового состояния турбогенераторов	73
Мурачёв А.С. Оценка масштабов развития источников распределенной генерации	74
Мвандинги Р. Исследование возможности размещения ветроэнергетических станций в Намибии	74

Мигранова А.Г. Системы комплексной диагностики силового маслonaполненного оборудования	75
Мударисов Р.М. Моделирование самозапуска синхронного двигателя при провалах напряжения	76
Мусаев Т.А. Методика оптимизации режимов работ электрических сетей с учетом показателей качества электроэнергии	77
Макаров Я.В. Аналитическое построение диаграммы мощностей турбогенератора	78
Нугуманова А.Ф., Тимербулатов Т.А. Энергосбережение промышленного предприятия	79
Низамов И.И. К вопросу оптимизации технологических циклов с учетом влияния провалов напряжения	80
Насретдинова А.М. Моделирование тепловых процессов кабелей в Comsol Multiphysics	81
Низамутдинов И.Р. Исследование режимов сети с целью выявления оптимальных значений уровней напряжения по допускаемым отклонениям на шинах 10 кВ подстанций	82
Новиков С.И. Диагностика витковых замыканий трансформатора спектральным анализом входного и выходного напряжения	83
Поляков И.А. Выравнивание графиков электрических нагрузок энергосистем	83
Понимаскин П.С. Диагностика силовых трансформаторов по методу низковольтных импульсов с использованием современных аппаратно-программных средств	84
Панкратьев П.С. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов развития гидроэнергетики Крайнего Северо-Востока	85
Петров В.С. Испытания современной автоматики ограничения повышения напряжения	86
Павкин К.А., Потапов С.Е. Анализ электропотребления и принятие мер по устранению коммерческих и технических потерь	87
Парамонов М.А. Контроль изоляции статоров турбогенераторов с водородным охлаждением	88
Паршина К.И. Моделирование теплового режима трансформатора в Comsol Multiphysics	89
Подрезов А.Н. Моделирование электромагнитных полей промышленной частоты на энергообъектах подстанции Киндери -500 кВ	90
Пестрова Т.О., Туктаганова К.Р. Целесообразность проведения ремонтов электросетевых объектов	91

Сабирзянов Б.Ш. Моделирование МТЗ линии и защита генератора от перегрузки на лабораторном стенде	92
Салахов А.И. Управление и регулирование напряжения в осветительных сетях	93
Сафиуллин Р.Р. Моделирование совместной работы основной и резервной защиты трансформатора на лабораторном стенде	94
Сергеева Ю.А. Перспектива развития цифровых подстанций	95
Фадеев В.А Модель оценки вариантов развития электроэнергетики района на основе многокритериальной функции полезности	96
Фазлыев Р.И. Обеспечение надежной работы КРУЭ в процессе эксплуатации	97
Федякина А.Ф. Влияние загрязнения изоляции на передачу электроэнергии	98
Хазиев И.И. Создание датчика тока на основе технологии пояса Роговского для определения токов на линиях электропередач переменного напряжения	99
Хайрова А.Р. Вопросы определения качества изоляционных масел	100
Хафизов А.Т. Использование эквивалентного сопротивления при планировании расхода электроэнергии на ее передачу и распределение . .	101
Чебрякова Ю.С. Электрошумовая интродиагностика силовых трансформаторов	102
Шаньята Ф. Замена электроводонагревателей на солнечные водонагреватели в намибийских домах и государственных учреждениях . .	103
Шарафеев Р.Т. Компактные воздушные линии электропередач в классах напряжения 110-220 кВ	104
Юсупов И.Р. Разработка метода расчета высших гармоник в электрической сети с учетом нелинейного взаимодействия несинусоидальных нагрузок	105
Юсупов Р.Р. Согласование совместной работы защиты шин и трансформатора от коротких замыканий на лабораторном стенде	106
Якупов Р.Н. Моделирование на лабораторном стенде МТЗ линии и защиты сборных шин	107
Рубцов А.В. Анализ методов контроля технического состояния жидкой изоляции и способов сигнализации об ухудшении её свойств	108
Газизов Д.Р. Оценка эффективности систем зажигания ГТД на основании анализа процесса электроискровой стабилизации пламени . . .	109
Васильев В.В. Использование неразрушающих методов диагностики силовых кабельных линий номинальным напряжением 6-10 кВ в Набережночелнинских электрических сетях	110

Нугуманова А.Ф. Технологии накопления электроэнергии	111
Латипов А.Г. Автоматизированное предупреждение потребителей об отключениях в районных электрических сетях.	112

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Фомин А.И., Инюшкин И.В. Применение методов линейного программирования к решению проблем оптимизации режимов ЭЛ систем	113
Галимов А.Ф., Гареев А.М. Создание модели прогнозирования аварийных ситуаций на объектах подготовки нефти	114
Бесценный А.А. Способ измерения параметров элементов электрических цепей	115
Калинин А.В. Развитие вычислительного комплекса контроля энерго-ресурсов станции в части управления оборудованием артезианского водозабора и мониторинга оборудования мазутного хозяйства	116
Савин А.И. Автоматизированный диагностический комплекс для изучения трибологических свойств материалов	116
Бурханов А.М., Горбунов М.М. Мониторинг технического состояния электрообессоливающей установки на основе волоконно-оптического преобразователя	117
Шулепов А.Н. Методы и средства диагностирования силовых трансформаторов I-III габаритов	119
Савенкова В.В., Кисляков М.А. Методы маршрутизации беспроводных сенсорных сетей при решении задачи промышленного мониторинга	120
Харитонов Д.П., Ильичев Н.Б., Кулешов А.И. Расчет установившегося режима электрической цепи с использованием параллельных вычислений	121
Дудник К.Ю., Калашникова А.С., Левина К.Д. Система контроля качества подшипниковых колец	122
Горбатков М.В., Мукаева В.Р., Тимофеев А.О. Измерительный преобразователь напряжения для диагностики процесса плазменно-электролитического оксидирования	123
Гыйниятуллин М.Г. Разработка экспертной системы поддержки принятия решения для контроля процесса бурения	124
Михайлова М.С. Особенности процесса диагностики сердечнососудистых заболеваний у работников нефтедобывающей промышленности	125

Горожанкин П.А. Выбор метода оценки величин тока и напряжения в микропроцессорных терминалах релейной защиты и автоматики	126
Куклина С.А., Мукаева В.Р. Программное обеспечение информационно-измерительной системы для диагностики процесса электролитно-плазменного полирования	127
Шестаева С.В. Автоматизация лечения геморрагической лихорадки с почечным синдромом	128
Архипова А.Ю. Измеритель электрических параметров кожного покрова нового поколения	129
Ватуев М.В. Измерительный генератор заданной электрической мощности с коррекцией систематической погрешности	130
Юнацкая Я.А. Система для обнаружения и анализа движущихся объектов в видеопоследовательности	131
Шурупова К.Е., Левина Т.М., Вильданов Р.Г. Мониторинг оболочковых конструкций в нефтегазовой промышленности с применением нейронных сетей	132
Аспидова Е.О. Автоматизация процесса обработки локационных измерений	133
Биктагиров Р.И. К вопросу об анализе погрешности результатов измерений	134
Габдульянов Р.М., Вахидова З.Р. Исследование возможности нейросетевого моделирования процесса горения нефтяного газа на теплоэнергетических объектах	135
Гарифуллин А.Д. Применение пакета MATLAB для цифровой фильтрации многоканального сигнала с частотным разделением каналов	136
Гатаулин И.Ф. Диагностическая карта неполадок конденсатора паротурбинной установки	137
Гиниятуллин Р.Р. Измеритель тока и магнитной индукции и на основе интегральных датчиков Холла	138
Гусев К.В., Любимов П.Е. Применение виртуального моделирования для поиска оптимальных параметров работы промышленных теплоэнергетических установок	139
Касымов И.Р. Термоанемометрический расходомер с компенсацией эффектов теплового влияния	140
Каткова Н.И. Высокотемпературный радиометр-компаратор вторичного эталона величин энергетической яркости и радиационной температуры	141

Кашапов И.И. Система измерения давления сухих газов на основе микроконтроллера MCS51 в интервале от 0 до 10 кПа	142
Козлов Е.Д. Создание информационно-измерительной системы мазутного хозяйства на основе интеллектуальных датчиков на ТЭЦ	143
Михеев В.Г. Автоматизация процесса передачи величин энергетической яркости рабочим средствам измерений	144
Ногманова А.Ф. Аппроксимация статистических распределений в системе MATLAB	145
Садриева А.В. Мониторинг и анализ надежности трансформаторов	146
Самигуллина Л.Р. Применение машиностроительных САПР для разработки трехмерных моделей литьевых форм элементов компоновки измерительного прибора	147
Сельская И.С. Моделирование показателей надежности котлоагрегата марковскими процессами	148
Тансыккужина М.Ф. Перспективные технологии разработки программного обеспечения измерительных процессов	149
Тукеева Г.Э. Исследование нейросетевой оптимизации состава изоляционного материала по эксплуатационным параметрам	150
Тяпин Н.А. Компьютерное моделирование теплоэнергетических установок	151
Усманова Д.Ш. Применение современных машиностроительных САПР для разработки цифровых прототипов изделий приборостроения	152
Фарзиев Р.Н. Разработка информационно-измерительной системы калибровки контрольно-поверочной аппаратуры для тепловизионных приборов	153
Фирсова А.В. Компенсация температурной погрешности при измерении скорости водного потока с помощью электродиффузионного преобразователя	154
Фомин К.Э. Снижение погрешности передачи единиц физических величин оптического излучения от вторичного эталона рабочим средствам измерения	155
Хабибуллина Р.Р. Система охранной сигнализации с применением беспроводных технологий	156
Хазиева Р.Ф. Этапы моделирования и инженерного расчета цифрового фильтра в среде MATLAB	157
Хайрутдинова Г.Д. Система автоматического поддержания температурного режима в производственных помещениях	158
Шайхиев А.А. Разработка электромагнитного расходомера жидкого металла с компенсацией влияния сопротивления стенки канала	159

Шаяхметов И.И. Повышение информативности оценки технического состояния ДВС по результатам анализа масел	160
Шигапов Р.М. Анализ методов калибровки моделей абсолютно чёрных тел	161
Шна Ф.Ф. Влияние температурных изменений на измерение ионной концентрации в водном теплоносителе	162
Матанцев А.Б., Тимофеев А.О. Система диагностики поражения слизистой оболочки желудка штаммом <i>Helicobacter Pylori</i>	163
Пятков П.А. Вычислительная процедура исследования характеристик бортовых электронных схем.	164

СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Новикова А.П., Волков С.В., Кузнецов А.С. Анализ влияния высших гармоник в сетях 6/0,4 кВ на работу электрооборудования	165
Бессонов А.С. Перспективы внедрения альтернативных источников энергии в Кузбассе	166
Демина А.С., Колесникова Е.Я. Возможности использования умных сетей Smart Grid в электросетевом комплексе Кузбасса	167
Долганова А.С. Учет механического момента питательных насосов ТЭЦ промышленных предприятий в задаче оценки возможности самозапуска двигателей	168
Шеварухин А.С. Обоснование величины средней удельной расчетной мощности электроприемников квартир	169
Артемьев А.Ю. Методика многокритериального анализа применения ветроэнергетических установок	170
Гаврилова А.Ю. Пути снижения затрат на энергоресурсы в трансформаторостроении	171
Станьков Д.А. Концепция создания централизованной защиты от аварийных режимов сети 0,4 кВ	172
Чемоданов Е.В. Оценка влияния несимметрии, несинусоидальности и отклонения напряжения на работу электрооборудования предприятия агропромышленного комплекса	173
Малеева Е.И. Анализ инновационных четырехфазных линий электропередач	174
Хмелевская Е.И. Повышение надежности электроснабжения нефтеперерабатывающего предприятия	175
Лекомцев И.И. Повышение надежности системы электроснабжения северного района республики Марий Эл	176

Воробьев К.М. Оценка воздействия провалов напряжения на элементы систем электроснабжения	177
Беляевский Р.В. Использование оптимизационных алгоритмов при выборе мощности и мест установки компенсирующих устройств	178
Мочалин Д.С. Автономные источники электроснабжения для вдольтрассовых потребителей в газовой промышленности	179
Ефремов Н.С. Оценка качества электрической энергии по несинусоидальности напряжения и тока на примере предприятия агропромышленного комплекса	180
Савинкина О.А. Анализ отклонений показателей качества электроэнергии в городских распределительных сетях	180
Соловьева О.А. Комплексное использование возобновляемых источников энергии на примере республики Марий Эл	181
Яценко П.В. Исследование параметров качества электрической энергии в электрических сетях 0,4 кВ	182
Жумабаева Р.Б. Исследование стойкости к токам короткого замыкания выключателей в РУ 110 -220 кВ узла ЦЭС – ПС №30 Магнитогорского энергетического узла	183
Шунаев С.А. Регрессионная модель прогнозирования электропотребления	184
Скоробогатов С.С. Концепция внедрения автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии Ириклинской ГРЭС	185
Нугуманова А.Ф., Тимербулатов Т.А. Проблемы энергосбережения на промышленном предприятии и пути их решения	186
Ионцева О.А., Ягудин В.И. Сравнительный анализ вариантов компенсации реактивной мощности на газо-химическом заводе «Газпром Нефтехим Салават»	187
Фокина Ю.О., Колотилина Л.В. Оценка целесообразности замены малозагруженных силовых трансформаторов	188
Агзямов А.Г. Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях	189
Валиев И.И. Анализ нелинейных нагрузок. Расчет и выбор фильтрокомпенсирующих устройств	190
Габсалимов Р.М. Исследование современных технических решений при внедрении автоматизированной информационно – измерительной системы коммерческого учета электроэнергии на промышленных предприятиях	191
Гареев Р.М. Модернизация вентиляционных установок	192
Данилов С.Е. Оптимизация режимов работы электродуговых печей	193
Дедов Д.А. Модернизация вентиляционных установок	194

Ильясова Л.И. Электромагнитная совместимость различных источников света	195
Имамиев И.Р. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии	196
Логачёва А.Г. Математическая модель многофазного асинхронного двигателя	197
Нагимуллин А.Р. Мероприятия по снижению колебания напряжения на промышленных предприятиях	198
Никифоров А.Д. АСКУЭ на предприятии, как эффективный путь снижения коммерческих потерь в электросетях	199
Шагидуллин А.В. Применение результатов экспериментов для оценки сопротивлений контактных систем низковольтных аппаратов	200
Валиахметова А.И. Разработка методики оценки надежности систем электроснабжения с учетом компоновочных решений	201
Духанина Р.Д. Исследование эксплуатационных характеристик надежности низковольтных сетей	202
Аль-Кубати М.А. Нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях	203

СЕКЦИЯ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Ахметзянова А.Д. Оценка ресурса работы электроизоляционной системы асинхронных двигателей.	204
Банда В., Свищёва Н.А. Контроль состояния межвитковой изоляции трёхфазной обмотки статора низковольтных асинхронных двигателей методом акустической эмиссии.	205
Васильев А.В. Разработка программно-аппаратного комплекса для диагностики неисправностей цифровых систем	206
Ветчинов Д.В. Контактная система вакуумной дугогасительной камеры для выключателя высокого напряжения (110 кВ и выше)	207
Гайнутдинов А.Р. Применение обработки и анализа видеоизображения в системах различного типа.	208
Галиуллин И.Р. Обоснование исходных данных для программирования комплексного устройства защиты асинхронного двигателя.	209
Гиззатуллина И.И. Повышение информативности импедансометрического метода анализа влагосодержания высокоизоляционных жидкостей.	210

Гончаров А.М. Разработка сигнализатора о кратковременном значительном понижении напряжения в сети.	211
Григорьев А.Г. Снабжение строительной площадки электроэнергией с помощью пьезоэлектрического генератора постоянного тока.	212
Евдокимов Л.И., Галиев И.Ф. Исследование частичных разрядов в диэлектрических элементах высоковольтного электрооборудования акустическими методами.	213
Ерофеев И.Р., Серпуховитин М.Е. Устройство токоограничителя с жидкометаллическим рабочим телом.	214
Иванов Д.А. Магнитоуправляемая дифракция света на звуке в антиферромагнетике α -Fe ₂ O ₃ в режиме Рамана-Ната.	215
Исмагилов И.Р., Хасанов А.А. Бесконтактный оптоакустический контроль поверхностных дефектов в твёрдых материалах.	216
Каранова Ю.В. Разработка прибора экспресс-контроля увлажнённости масел	217
Карпов А.П. Измерительный модуль для лабораторного стенда на микроконтроллере MC68HC908GP32.	218
Краснов В.М., Шляпченков А.А. Методика формирования однородных групп аккумуляторных батарей сетей постоянного оперативного тока энергосистем.	219
Мингазова Д.А. Выбор вариантов электроснабжения строительных объектов по обобщённому критерию.	220
Нанджемба Э.Т. Применение контроллера в гелиоустановке для эффективного использования солнечной энергии.	220
Платонов К.С. Построение многофункционального программно-аппаратного измерительного комплекса учёта расхода и контроля качества электрической энергии на электровозе переменного тока.	221
Приклонский В.Ю. Система управления техпроцессом на примере системы управления освещением.	222
Саубанов Р.Р. Непрерывный мониторинг качества электроэнергии	223
Семенников А.В. Система управления на основе микроконтроллера для устройства удалённого присутствия	224
Синицин А.М. Установка для изучения проводимости полупроводников четырёхзондовым методом.	225
Тиркия А.А. Устройство контроля заряда-разряда Li-ion аккумуляторов для устройства удалённого присутствия.	226
Фаррахов А.И. Анализ современного состояния проблемы локализации места пониженного сопротивления изоляции в сетях оперативного постоянного тока.	227

Фаткуллин А.И., Садыков А.И. Проблема фальсификации устройств энергосбережения и энергоэффективности.	228
Фирсов А.С. Интродиагностика высоковольтных выключателей с помощью цифровых регистраторов.	229
Хакимьянов И.С., Зарипов Р.С. Анализ характеристик оптимального источника питания.	230
Хвастунов А.Н. Вакуумный выключатель с жидкометаллическими контактами.	231
Хмелева И.А., Фирсова А.А. Расчёт генераторов прямоугольных импульсов напряжения.	232
Хуснутдинов Р.А. Контроллер управления шаговым приводом для устройства удалённого присутствия.	233
Лапочкин М.С. Исследование процесса фазового превращения снега в воду под энергетическим воздействием микроволнового электромагнитного поля.	234
Прохорова В.С., Марданов Г.Д. Проектирование цифровых схем в программной среде <i>MULTISIM 10.1</i>	235
Синюгин И.Е., Сабиров Р.Р. Исследование 16-разрядных микроконтроллеров <i>MC68HCS12</i>	236
Баширова А.Б. Компьютерное моделирование для параметрической оптимизации систем испытаний на случайную вибрацию.	237

СЕКЦИЯ 5. СВЕТОТЕХНИКА И МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ахунова И.И. Возможности применения солнечных батарей	238
Суров Д.С. Совершенствование блок-фар автомобиля	238
Минеева Л.П. Установка архитектурного освещения здания театра	239
Мунасипов А.Г. Определение коэффициента пульсаций светового потока лампы накаливания общего назначения	240
Гарькавый С.О. Электролюминесцентные панели на основе полимеров	241
Киямутдинова А.Р. Влияние цветового оформления интерьера помещений на работоспособность	242
Лешев А.С. Разработка и исследование цветомузыкальной установки для ночных клубов	243
Гилязов А.А. О преимуществах использования светодиодного освещения при организации рабочего места студента	244
Андреев Д.М., Вахитов К.Ш. Автономный мобильный источник электропитания	245

Саяпова Л.Р. Система мониторинга уровня магнитных полей	246
Лещев С.А., Поздняков А.В. Исследование энергоэффективности источников света для общественных помещений	247
Ахметзянова А.Д., Вангаи А. Экстремизм в молодежной среде	248
Карташова А.А., Левин И.С., Танеева А.В. Перспективы развития микроаналитических систем в науке и технике	249
Карташова А.А., Левин И.С. Компьютерно-хроматографический модуль диагностики экологического состояния водной среды.	250
Соколов Д.В. Совершенствование средств защиты лекальной сети на электрических станциях и подстанциях в Республике Татарстан	251
Замалтдинов М.Ф. Интегрирующий термометр	252
Кутлубаев И.Т. Современные проблемы безопасности в атомной энергетике	253
Чуракова Д.К. О технологии освещения Flat Beam	254
Гришин П.А. Светодиодный светильник переменной цветности с дистанционным управлением	255
Амелькин Э.А. Проведение светотехнического аудита производственных помещений и разработка рекомендаций по повышению эффективности освещения	256
Вязанкин Н.С. О контроле равномерности освещения, создаваемого источником света	257

СЕКЦИЯ 6. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

Асташкин Р.М. Анализ влияния частотно-регулируемого привода на электрическую сеть.	258
Гавриленко А.Н., Корзун Б.В., В.Л. Матухин, Зубелевич В.З., Яблонский Г.П. Люминесценция монокристаллических систем переменного состава со структурой халькопирита.	258
Дворцов А.В. Применение новых анодноустойчивых материалов для повышения эффективности электрохимической защиты.	259
Зайнуллин Р.Р. Структура и магнитные свойства центров тулия в полупроводниковом кристалле $PbGa_2S_4$	261
Севастьянов М.Г., Севастьянов И.Г. Изучение оптических свойств плёнок аморфного и нанокристаллического гидрогенизированного кремния.	262
Севастьянов М.Г. Изучение оптических свойств и электронных характеристик плёнок аморфного гидрогенизированного кремния.	263
Шульгин Д.Н., Шмидт С.В. Исследование собственных дефектов в полупроводниковом соединении $CuAlO_2$ методом ЯКР	264
Тепоян В.А. Представления полугруппы $Z_+ \setminus \{1\}$	265

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

25–27 апреля 2012 г.

Казань

В четырех томах

*Под общей редакцией
кандидата технических наук
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 1

Компьютерный набор и верстка *А.Ф. Гаязов*

Подписано в печать 21.03.12.

Формат 60 × 84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 16,27. Уч.-изд. л. 18,1. Тираж 500 экз. Заказ № 4320.

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51
Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51