

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 532.529.5

ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ПРИ ОБТЕКАНИИ ТЕЛ ЖИДКОСТЬЮ С ПРИМЕСЯМИ

В.Л. ФЕДЯЕВ, И.В. МОРЕНКО, Н.З. СЕРАЗЕТДИНОВ,
Учреждение Российской академии наук Институт механики и
машиностроения Казанского научного центра РАН, г. Казань

В природе, быту, во многих технических устройствах широко представлены среды, характеризующиеся наличием неоднородностей, включений, механических примесей. В зависимости от поведения дисперсионной (несущей) фазы таких сред можно выделить три характерных случая. Первый, когда на покоящуюся несущую фазу и находящиеся в ней дисперсные частицы воздействуют ударные, вибрационные, акустические нагрузки. Во втором случае названные нагрузки отсутствуют, однако среда движется в пространстве. Наконец может быть ситуация, когда среда и движется и подвергается воздействию нагрузок. Каждый из этих случаев исключительно интересен как с научной, так и с практической точки зрения. В докладе приводятся соответствующие примеры. Обращается внимание на то, что механические явления в таких многофазных гетерогенных средах сопровождаются, зачастую, тепломассообменными процессами.

Подробно рассматриваются вопросы обтекания тел цилиндрической формы монодисперсной смесью. Анализируется влияние механической примеси на картину течения, коэффициенты сопротивления и подъемной силы, число Струхала, когда поток безграничный, ограничен боковыми твердыми стенками, непроницаемыми поверхностями. При обтекании одиночного цилиндра с заданной температурой поверхности решается также тепловая задача. Оценивается влияние концентрации примеси, размеров частиц на местные и средние числа Нуссельта.

В заключение приводятся аппроксимационные зависимости для коэффициента сопротивления цилиндра, амплитуды коэффициента подъемной силы, чисел Нуссельта, представляются рекомендации по практическому использованию обнаруженных закономерностей обтекания и теплообмена цилиндрических тел.

УДК 621

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ LABVIEW

**А.В. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ, Л.И. ЕВДОКИМОВ,
А.Ю. ЧЕРНОМАШЕНЦЕВ**

Казанский государственный энергетический университет

1. Постановка задачи

Основным вопросом, на который должна ответить измерительная система является возможность или невозможность дальнейшей безопасной эксплуатации высоковольтного оборудования. Одним из таких методов является метод контроля на основе компьютерного анализа ряда параметров частичных разрядов (ЧР) возникающих задолго до полного пробоя изоляции. Этот метод позволяет выявлять дефекты изоляции на самых ранних стадиях их возникновения, отслеживать их развитие, оценивать текущее состояние изоляции и возможность дальнейшей эксплуатации оборудования.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Данная система состоит из следующих элементов и устройств:

1. Установка контроля и диагностики диэлектриков УКД-70, позволяющая плавно изменять подаваемое напряжение переменного тока частотой 50Гц на диагностируемый изолятор в диапазоне от 0 до 50кВ (действующее значение).
2. Изолятор с системой электродов.
3. Акустические датчики в количестве двух экземпляров подключенные к микшеру для усиления и управлением акустическим сигналом.
4. Усилитель.
5. Персональный компьютер с установленным лицензионным пакетом LabVIEW 8.2 и устройством ввода- вывода NI SCXI-1302.
6. Приемник.
7. Электромагнитный датчик.

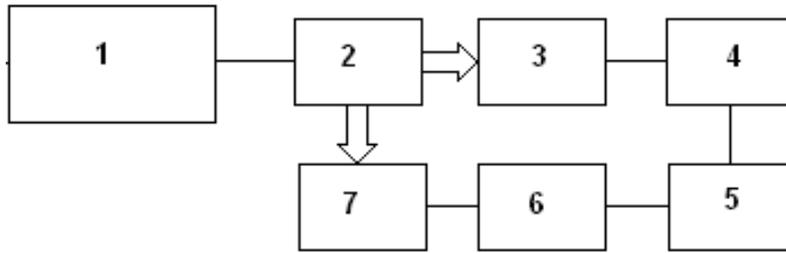


Рис. 1. Блок-схема системы для исследования пробоя модельных образцов и реальных изоляторов

3. Описание эксперимента

Нами была создана измерительная система для исследования ЧР в модельных образцах диэлектриков, а также изоляторах из электротехнического фарфора и высокополимерных материалов (рис.1.). Эти материалы являются одним из основных материалов, из которых изготавливается широкий спектр изоляторов опорного и проходного типа. Решение проблемы неразрушающей диагностики состояния изоляторов на различных электроэнергетических объектах и оборудовании в настоящее время является определяющим для повышения их надежности. Стендовые исследования в данной области позволят определить основные параметры ЧР электротехнического фарфора и высокополимерных материалов и сформировать теоретическую и экспериментальную базу для контроля изоляторов из фарфора и высокополимерных материалов в рабочих установках.

Измерительный тракт системы составляют: электромагнитный датчик (ЭД) и акустические датчики (АД), регистрирующие вызванные ЧР импульсы тока в цепи разрядной ячейки; устройство амплитудной регистрации ЧР выполненное с использованием программного пакета LabVIEW 8.2 и персонального компьютера, осуществляющего управление процессом измерения, отображением данных о ЧР.

Расстояние от акустического датчика до изолятора в целях безопасности должно быть не менее 0,5 метра, а расстояние от электромагнитного датчика порядка 2-3 метров т.к. антенна приемника оснащена усилителем и способна детектировать сигналы ЧР и с большего расстояния. До начала измерений на персональном компьютере должна быть установлена программа LabVIEW 8.2 с запущенным виртуальным прибором (ВП) для измерения параметров ЧР. После подачи высокого напряжения на экране компьютера наблюдается сигнал с датчиков, амплитуда шума входного сигнала не должна превышать уровень в 100 мВ (задаётся

настройками усилителя микрофонов и приемником антенны), а максимальная амплитуда ЧР ограничивается на уровне 3 В в настройках инструмента DAQ Assistant. Виртуальным прибором производится подсчет импульсов ЧР одновременно по превышению ими определенных пороговых амплитуд в течение 10-15 секунд и отображается на рабочей панели виртуального прибора. После чего по полученным данным строятся графики зависимостей амплитуды ЧР от приложенного напряжения.

Проведя ряд измерений выбор был остановлен на частоте 411,9 МГц, с полосой пропускания 110 кГц и амплитудной модуляцией сигнала. Для всех измерений частота приема и уровень сигнала оставались неизменными, коэффициент шумоподавления равнялся нулю. С приемника AR5000A (чувствительность составляет от 0,14 мкВ до 1,25 мкВ) сигнал поступает на вход ai8 разъема кабеля SCXI – 1302, и далее на плату сбора данных NI PCI – 6221.

Работа (ВП) для регистрации ЧР с помощью акустического датчика.

Для регистрации акустических волн использовались два конденсаторных микрофона AKG C451 с полосой частот 20 – 20000 Гц и чувствительностью 9мВ/Па = - 41дБ. Для подачи питания +48 В и управления двумя звуковыми каналами, использовался микшерный пульт BEHRINGER XENYX 802. С выхода пульта сигнал поступает на плату сбора данных NI PCI – 6221 и затем на вход компьютера, где с помощью инструмента DAQ Assistant осуществляется разложение сигнала по частотам и амплитуде, результат отображается на индикаторе FFT-(Peak) в диапазоне 0 – 20 кГц. Так же сигнал поступает на четыре подключенных параллельно ВП сравнения. В условиях сравнения выбрана опция Greater (больше). ВП регистрирует все импульсы с амплитудой большей определенного заданного значения. Цифровым регулятором на лицевой панели ВП устанавливается амплитуда детектирования ЧР прибором сравнения. С выхода Result при превышении входным сигналом заданного порогового напряжения поступает единичный импульс с амплитудой 1 В. Далее эти отдельные импульсы поступают на счетчик, который производит подсчет импульсов по каждому заданному значению пороговой амплитуды. Сумма в счетчиках выводится с помощью цифровых индикаторов sum1...sum4. Инструментом Elapsed Time (истекшее время) устанавливаем время работы ВП, по истечении которого останавливается подсчет импульсов ЧР. На лицевой панели ВП отображаются результаты измерений, время подсчета импульсов и четыре графических индикатора: счетные импульсы поступающие на вход счетчика, отфильтрованный сигнал, входной сигнал, распределение по частоте и

амплитуде входного сигнала. Также на лицевой панели задаются пороговые амплитуды детектирования ЧР.

Работа ВП для регистрации ЧР с помощью электромагнитного датчика.

Для работы с платой служит инструмент DAQ Assistant. В инструменте устанавливаются назначения выводов платы, в этом приборе они служат для измерения напряжения, ограничение входного сигнала в пределах $\pm 3\text{В}$, устанавливается частота обращения к плате и число выборок. С аналогового выхода data устройства DAQ Assistant получаем аналоговый сигнал эквивалентный сигналу с приемника. Далее сигнал поступает на инструменты FFT, Formula и Amplitude and Level Measurements. Инструмент FFT производит распределение входного сигнала по частоте и амплитуде, результат отображается на графическом индикаторе. Инструмент Amplitude and Level Measurements производит определение постоянной составляющей входного сигнала, которая далее в инструменте Formula из входного сигнала. Это необходимо для удаления незначительного дрейфа входного сигнала. С выхода Result инструмента Formula получаем переменный сигнал привязанный к нулевому значению напряжения. Этот сигнал для наглядности отображается на графическом индикаторе Radio. Постоянный уровень шумов оценивается с помощью прибора Amplitude and Level Measurements 2 и отображается на индикаторе Mean (DC). Это необходимо для оценки уровня радиочастотных помех и для коррекции уровня пороговой амплитуды в счетчиках. Аналогично с ВП для регистрации акустических сигналов ЧР сигнал поступает на четыре подключенных параллельно элемента сравнения. В условиях сравнения выбрана опция Greater (больше). ВП регистрирует все импульсы с амплитудой большей определенного заданного значения. Цифровым регулятором на лицевой панели ВП устанавливается амплитуда детектирования ЧР прибором сравнения. С выхода Result при превышении входным сигналом заданного порогового напряжения поступает единичный импульс с амплитудой 1 В. Далее эти отдельные импульсы поступают на счетчик, который производит подсчет импульсов по каждому заданному значению пороговой амплитуды. Сумма в счетчиках выводится с помощью цифровых индикаторов sum1...sum4. Инструментом Elapsed Time (истекшее время) устанавливаем время работы ВП, по истечении которого останавливается подсчет импульсов ЧР. На лицевой панели ВП отображаются результаты измерений, время подсчета импульсов и два графических индикатора: входной сигнал, распределение по частоте и амплитуде входного сигнала. Также на лицевой панели задаются пороговые амплитуды детектирования ЧР.

Разработанная в настоящее время система представления данных, предусматривает возможность регистрации большого количества импульсов ЧР и их интегральное распределение по амплитудам. Из этой характеристики определяются такие параметры как средний кажущийся заряд, максимальный кажущийся заряд, частоты следования импульсов ЧР и средний ток ЧР. Анализ различных экспериментальных данных показал, что наиболее эффективным представлением данных являются амплитудно-фазовые диаграммы (АФД) сигналов ЧР.

Наиболее важными характеристиками сигналов ЧР являются временные зависимости различных характеристик импульсов ЧР в пределах периода высоковольтного напряжения. Именно, так называемые, “фазовые распределения” параметров ЧР позволяют в принципе определять тип источника сигналов ЧР. Наиболее точно фазовые распределения параметров ЧР можно осуществлять путем разбиения периода переменного напряжения на ряд временных интервалов. Накопление информации о частичном разряде позволит разработать математическую модель разрядов. Создание базы данных позволит описать развитие дефектов в изоляторах под действием частичных разрядов и прогнозировать дальнейшую безаварийную службу изолятора.

4. Полученные результаты

Как показали предварительные испытания данной системы вполне возможно измерять параметры ЧР в различных видах полимерной и керамической изоляции, определяя места возникновения дефектов и степень их влияния на рабочее состояние и остаточный ресурс.

5. Список литературы

1. А.Я. Суранов LabVIEW 8.2. Справочник по функциям – М: ДМК Пресс. 2007. 536с.

2. В.А. Голенищев- Кутузов, А.В. Голенищев-Кутузов, А.Ю. Черномашенцев, А.А. Маковеев «Контроль высоковольтных полимерных изоляторов по измерениям частичных разрядов» Электричество, №12, стр. 11-15, 2008.

3. В.А. Голенищев-Кутузов, А.В.Голенищев-Кутузов, Д.ф.Губаев, А.Ю. Черномашенцев, Л.И. Евдокимов «Частичные разряды в полимерных изоляторах Изв вузов «Проблемы энергетики» №7-8, стр.76-83, 2010.

УДК 621

НОВАЯ КОНФИГУРАЦИЯ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Д.Ф. ГУБАЕВ, начальник СВЛиПС ОАО «Сетевая компания», г. Казань

Как известно, процесс от производства до потребления ЭЭ может быть разделен на четыре этапа:

1. Производство электроэнергии.
2. Передача электроэнергии по высоковольтным сетям.
3. Распределение электроэнергии по ЛЭП среднего и низкого напряжения.
4. Сбыт электроэнергии конечным потребителям.

В условиях плановой экономики на всех четырех этапах видов деятельности присутствовала монополия государства. Тарифы на энергоносители устанавливали органы исполнительной власти. Кроме этого, к естественно-монопольным видам деятельности относились услуги по оперативно диспетчерскому управлению. Таким образом, при плановой экономике отсутствовала конкурентная среда.

Изменение политического и экономического устройства России с начала 90-х годов не могло не затронуть электроэнергетическую отрасль страны. С 1991–1993 гг впервые в отрасли была осуществлена приватизация, акционирование предприятия электроэнергетического комплекса и структурные преобразования в отрасли. Таким образом, были сделаны первые шаги, направленные на создание конкурентной среды в энергетике.

В соответствии с указом Президента РФ в 1992 г. было создано РАО «ЕЭС России». В его задачи входило обеспечение функционирования и развития ЕЭС страны. К началу 2000 года организационная структура отрасли выглядела следующим образом: слайд № 1.

В итоге структурных изменений в электроэнергетике России возникло 72 АО-энерго, четыре независимых АО-энерго.

12.07.96 г. Постановлением Правительства РФ был создан ФОРЭМ. ФОРЭМ – это полностью регулируемый рынок, тарифы утверждались в ФЭК. Объем продаж составлял от 5 до 15 % всего выработанной ЭЭ. При этом был введен 2-х ставочный тариф, предусматривающий отдельную плату единицы генерирующей мощности и купленной ЭЭ. ФОРЭМ заложил основы новых экономических взаимоотношений между производителем и потребителем ЭЭ, создав институт «продавцов» и «покупателей». Появились

первые хозяйственные договора. Однако ФОРЭМ не создал реальную конкурентную среду и не решал проблему инвестирования в отрасль на обновление активов.

Постановлением правительства РФ от 11.07.01г. № 526 «Реформировании электроэнергетики РФ» был дан более мощный импульс процессу реформирования энергетики РФ, закрепленных впоследствии «Законом об электроэнергетике» ФЗ-35 от марта 2003 г.

При разработке концепции реформирования электроэнергетики стратегическим направлением реформы стало разделение по функциональному признаку вертикально-интегрированных и территориально замкнутых АО-энерго. В результате в регионах появились генерирующие, сетевые и сбытовые компании.

На основе генерирующих активов были сформированы генерирующие компании: оптовые (ОГК) и территориальные (ТГК). Выделенные из АО-энерго распределительные и магистральные сетевые компании стали основой формирования межрегиональных сетевых (МРСК) и магистральных сетевых компаний (МСК). Впоследствии МСК были интегрированы в ОАО «ФСК ЕЭС». Региональные диспетчерские управления вошли в структуру ОАО «Системный оператор» (СО) слайд № 2.

Таким образом, сформирована новая конфигурация электроэнергетики, включающая структурно обособленные конкурентные и монопольные секторы. В монопольные секторы вошли: СО ФСК, МРСК с долей государственной собственности от 50 до 100 % акций. В конкурентный сектор вошли: ОГК и ТГК, а также энергосбытовые Компании. В ходе реформы электроэнергетики был сформирован с 01.09.06 г. новый оптовый рынок электроэнергии (НОРМ) слайд № 3, предполагающий, начиная с 2010 года полную либерализацию всего объема электрической энергии, за исключением поставляемого населению. Наряду с оптовым рынком электроэнергии был сформирован балансирующий рынок, предусматривающий в режиме реального времени обеспечение баланса производства и потребления электроэнергии. Кроме этого, еще одним элементом системы рынков электроэнергии, продолжением оптового рынка, являются розничные рынки электроэнергии. Их либерализация началась одновременно с началом работы оптового рынка, т.е. с сентября 2006 г. В настоящее время в процессе создания находятся еще несколько рынков: рынок мощности, рынок системных услуг и рынок производственных инструментов.

Параллельно с реформами, проходившими в стране, реформировалась и Татарская энергосистема. С 1.04.05 г. ОАО «Генерирующая компания»,

ОАО «Сетевая компания», ЗАО «РДУ Татарстана» начали свою самостоятельную производственную деятельность. Таким образом, монопольный сектор (передача электроэнергии и диспетчерское управление) был отделен от конкурентных секторов (производство и сбыт электроэнергии). Новая структура холдинга ОАО «Татэнерго» представлена на слайде № 4.

С 01.02.10 г. ОАО «Татэнерго» полностью прекратило свою деятельность по поставке и покупке электроэнергии и мощности на ОРЭ. Основные направления развития электросетевого комплекса представлены на слайде № 5.

УДК 502.7

RADON STUDIES IN SAXONY AND TATARSTAN: SIMILARITIES AND PECULIARITIES

Professor THOMAS STREIL, Germany, A. DEMIDOV, KSPEU

Due to its geological structure, Saxony has a long history of radon research using both physical and geological methods. Former uranium mines situated in the South of the country are responsible for high radon concentrations both in soil and the air throughout the Land. Investigation data made it possible to compose a radon concentration map of Saxony which shows the most and the least saturated areas and is extremely useful for planning the living houses and other facilities construction. Both individual and larger scale measurement instruments make it possible to register the slightest fluctuations of the radon concentration and even to define the most health dangerous spots. In Europe the maximum radon concentration permitted for housing construction is 100 Bq/mi and these requirements are very strict. All equipment used in the map preparation was produced by «SARAD GmbH», which is considered to be one of the leaders in the country in production of high sensitive environmental monitoring devices.

According to an agreement on cooperation with the Kazan State Power Engineering University the company provided several measuring instruments for conducting similar research in Kazan and its vicinity. However, one more factor was added to the equation, namely radon concentration in underground, ground and other water sources on the city. This gives a new dimension to the possible radon concentration map to be compiled as the result of this work. So far we have carried out measurements of radon concentration in air inside several living houses and sports objects, and also have been monitoring radon concentration in soil in

several spots around the city. The recent additions to our monitoring equipment shall also allow for direct radon flux density measurements on soil which shall lead us to much more determined results on ecological assessment of the sites.

In addition, as mentioned above, we have begun collecting water samples from Kazan ponds and underground springs and have already encountered the highest concentration of 44 Bq/l in one of karst cavern based lakes of Golyboye, theoretically making it a perfect radon bath. In addition, clear radon traces have also been found in two underground springs in the urban village of Mirny.

The information gathered so far allows us to see that some sites in Kazan alone have radon problems, thus our research must be continued and new data collected around the city. The total of 50 spots will be measured using this method for a representative statistics which will make it possible to give conclusions on their radiation safety.

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

УДК 621.316.722

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
НОРМАТИВНОГО УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ В
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10 кВ**

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

Качество электрической энергии должно соответствовать установленным нормативными требованиями (НТ), так как электроэнергия непосредственно используется при создании других видов продукции, оказывает существенное влияние на экономические показатели производства, качество выпускаемых изделий. Линии электропередачи (ЛЭП) распределительных электрических сетей (РЭС) напряжением 10 кВ, спроектированные по нормам электропотребления 80–90-х годов, уже не обладают необходимой пропускной способностью, что вызывает отклонение уровня напряжения от НТ. Отклонения напряжения от допустимых значений приводят к нарушению работы и уменьшению срока службы электроприборов. В связи с этим возникает необходимость в увеличении пропускной способности ЛЭП, что обеспечит поддержание нормативного уровня напряжения у потребителя. Возможны следующие способы: увеличение пропускной способности ЛЭП; увеличение сечения провода; уменьшение передаваемой реактивной мощности; применение пунктов автоматического регулирования напряжения (ПАРН).

Замена провода не всегда способствует сохранению напряжения в нормативных пределах, а стоимость реконструкции ЛЭП напряжением 10 кВ достигает десятков миллионов рублей.

Компенсация реактивной мощности – повышает коэффициент мощности, снижает реактивный ток в проводниках, тем самым, снижая падения напряжения, что в ряде случаев позволяет отказаться от реконструкции электропередачи.

Также для повышения напряжения рекомендуется использовать вольтодобавочные трансформаторы (ВДТ). В настоящее время выпускаются ПАРН, в состав которых входят ВДТ марки ВДТ/VR32. ПАРН предназначен для регулирования напряжения в электрических сетях 6–10 кВ.

В результате расчетов получены зоны экономической эффективности для реконструкции ВЛ и использование ПАРН в 2-х и 3-х фазах по условиям обеспечения нормативного уровня напряжения у потребителей РЭС 10 кВ.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ОСНОВНОЙ СЕТИ 220–500 кВ ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ВОСТОКА НА ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА

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

С целью обоснования перспектив развития проведен анализ вариантов развития основной сети 220–500 кВ ОЭС Востока с учетом минимизации дисконтированных затрат на сооружение и эксплуатацию новых электросетевых объектов. Для проведения исследований была составлена расчетная схема замещения с учетом заданной структуры генерирующих мощностей, а также заданного сценария роста спроса на электроэнергию, соответствующего уровням электропотребления, указанным в Энергетической стратегии России на период до 2030 г. Расчетная схема использовалась для проведения расчетов установившихся режимов и апериодической статической устойчивости, что позволило определить токовые загрузки линий, перетоки мощности и уровни напряжений, необходимые для выбора вариантов развития основной сети. Используемые программные комплексы: RastrWin, СУМ-9 (разработка лаборатории электрических систем ОАО «ЭНИН»).

Составление новой структуры сети разбито в работе на три этапа: выбор схем выдачи мощности новых и расширяемых электростанций, выдача мощности которых осуществляется в сеть 220–500 кВ, формирование сети 500 кВ для укрепления внутренних связей между синхронно работающими энергосистемами ОЭС Востока и добавление электросетевых объектов для повышения надежности и безопасности электроснабжения крупных центров потребления. По итогам расчетов были добавлены необходимые

компенсирующие устройства, проведена оптимизация по реактивной мощности и напряжению в узлах сети с целью снижения переменных потерь активной мощности, а также исследована возможность объединения ОЭС Сибири и ОЭС Востока по ВЛ 220–500 кВ с целью повышения эффективности работы этих энергообъединений и определены предельные потоки мощности в сечении между рассматриваемыми ОЭС. После проведения всех расчетов получена структура сети 220–500 кВ ОЭС Востока, которая позволит повысить эффективность работы ОЭС, снять существующие ограничения по передаче мощности из северо-западных её частей в юго-восточные, а также повысить надежность электроснабжения потребителей.

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЖСИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

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

В работе рассматриваются возможные варианты усиления межсистемных связей ЕЭС России. Исследуется увеличение предельной по апериодической статической устойчивости мощности сечений между ОЭС при усилении связей, а также находится удельная стоимость усиления межсистемных связей. В результате расчетов были получены средние удельные значения стоимости увеличения пропускной способности межсистемных всех связей ЕЭС России.

С точки зрения величины средней удельной стоимости увеличения пропускной способности межсистемных связей, наиболее целесообразно в первую очередь усиление связей Северо-Запад – Центр и Средняя Волга – Юг. Средняя удельная стоимость увеличения пропускной способности межсистемных связей Центр – Урал и Урал – Сибирь велика и соизмерима с удельной стоимостью генерирующей мощности. Однако увеличение пропускной способности межсистемной связи Урал – Сибирь в свете аварии на Саяно-Шушенской ГЭС необходимо с точки зрения энергетической безопасности, так как отсутствие ВЛ, связывающих данные ОЭС по территории России, затрудняет обеспечение надежной работы ЕЭС России.

Также в работе рассматривается создание транзита сверхвысокого напряжения Сибирь – Европейская часть России. Рассматривается возможность использования транзита 1150 кВ, частично проходящего по территории Казахстана, а также сооружение транзита 1150 кВ, соединяющий ОЭС Сибири с ОЭС Центральной части России и не проходящий по территории Казахстана (ВЛ 1150 кВ Алтай (Барнаул) – Восход (Омск)– Курган – Челябинск – Уфимская – Самара – Пенза – Тамбов). Для рассмотренных вариантов развития транзита сверхвысокого напряжения находится удельная стоимости увеличения пропускной способности межсистемных связей Сибирь – Урал и Сибирь – Казахстан. Расчеты показали, что даже в предельных режимах ВЛ 1150 кВ остаются недогруженными вследствие того, что они оказываются зашунтированы линиями более низких классов напряжения, поэтому необходима разработка дополнительных мероприятий по обеспечению оптимальной загрузки рассматриваемых ВЛ.

УДК 621.313

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 110 кВ СЫЗРАНЬ 4-5

С.А. АЛЕКСАНДРОВ, ТГУ, г. Тольятти

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

Проведение реконструкции ВЛ-110 кВ Сызрань 4-5 вызвано появлением дополнительных мощностей в связи с введением нового газогенератора на Сызранской ТЭЦ. Это повлекло за собой повышение показателей надежности и пропускной способности. Реконструкция ВЛ-110 кВ потребует значительных затрат, а главное – не один год, а задачу необходимо решать срочно. Усложняет задачу то, что ВЛ проходит в сложных гололедно-ветровых условиях и в районе со сложным ландшафтом местности. В данной работе рассмотрены варианты реконструкции ВЛ в сжатые сроки с использованием новых технологий, это:

- провода повышенной пропускной способности;
- модифицированные многогранные опоры;
- полимерная изоляция;
- кабели высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена;
- ограничители гололедообразования и колебаний;
- ограничители перенапряжения.

Были проведены:

- выбор конструкций опор и сечения провода;
- механический расчёт проводов и тросов;
- выбраны допускаемые напряжения и габаритные пролёты;
- выбор и уточнение расчетных пролётов;
- проверка устойчивости поддерживающих гирлянд изоляторов под воздействием ветра и при наиминимальной температуре;
- расчёт закрепления свободностоящих опор;
- выборка нагрузок на угловые, анкерные, концевые, переходные опоры; сбор нагрузок на ответвительные опоры.

На основании этих расчетов был сделан вывод о целесообразности проведения реконструкции ВЛ-110 кВ Сызрань 4-5.

УДК 621.316

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ – КЛЮЧ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Т.И. АФАНАСЬЕВА, УГАТУ, г. Уфа

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

Компенсация реактивной мощности является важным фактором, позволяющим решить вопрос повышения качества электрической энергии.

Проблема компенсации реактивной мощности возникла одновременно с применением на практике переменного и особенно трехфазного тока. При включении в цепь индуктивной или емкостной составляющей нагрузки (это и всевозможные двигатели, и промышленные печи, и линии электропередач номинальным напряжением выше 110 кВ) между электроустановкой и источником возникает обмен потоками энергии, суммарная мощность которого равна нулю, но при этом он вызывает дополнительные потери активной энергии, потери напряжения и снижает пропускную способность электрических сетей.

Наиболее оптимальное решение – компенсация реактивной мощности потребителями. Уменьшение потерь активной электроэнергии, обусловленных перетоками реактивных мощностей, является реальной эксплуатационной технологией энергосбережения в электрических сетях и технологией повышения эффективности использования электроэнергии у потребителей.

При этом установка устройств компенсации реактивной мощности непосредственно у потребителя улучшает технико-экономические показатели системы электроснабжения, так как при этом уменьшаются потоки реактивной мощности во всех элементах сети от источников питания до потребителей. Это, в свою очередь, приводит к снижению потерь электроэнергии и, следовательно, к уменьшению затрат на их возмещение в структуре баланса.

Для сетевых компаний снижение величины реактивной мощности – это, в первую очередь, высвобождение мощности и возможность подключения новых потребителей. Для предприятий – снижение потерь, как следствие, снижение затрат на электроэнергию, влияющих на себестоимость продукции.

Компенсация реактивной мощности – это ключ к решению вопроса энергосбережения.

УДК 621. 314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЛОКОН ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОЛЯЦИОННОГО МАСЛА

Р.Ф. БАДАЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

канд. физ.-мат. наук, доц. М.Ш. ГАРИФУЛЛИН

Старение масла в трансформаторе сопровождается разрушением твердой изоляции, основную массу которой составляют материалы, изготовленные на основе целлюлозы. Продукты деструкции твердой изоляции переходят в масло, и, тем самым, оказывают негативное влияние на качество трансформаторного масла.

Продукты разложения целлюлозы, в свою очередь, могут быть значительно опасны, поскольку при взаимодействии с элементами конструкции маслонеполненного оборудования они существенно ускоряют процесс их износа и даже становятся причиной серьезных технологических нарушений. В связи с этим эта проблема на сегодняшний день является актуальной.

Цель работы: 1) исследование возможности определения концентрации целлюлозы в масле методом оптической спектроскопии; 2) влияние частиц целлюлозы на диэлектрические характеристики.

Были исследованы образцы масел с различной концентрацией мелкоразмолотой целлюлозы различного типа. В результате спектральных исследований получено, что целлюлоза в изоляционном масле не растворяется, а выпадает в осадок в течение нескольких часов. Исследования диэлектрических характеристик подтвердило данные результаты.

При нахождении целлюлозы в взвешенном состоянии существенно ухудшаются изоляционные свойства масла.

УДК 621.311.04

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ «СИРИУС-ТЗ» И «СИРИУС-3-ЛВ-03» В СИСТЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИЗАЦИИ НА ПОДСТАНЦИЯХ

Р.Н. БАЛОБАНОВ, А.И. НАСЫРОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Ю. БЕЛАШОВ

Одними из важнейших элементов электроэнергетических установок являются устройства преобразования напряжения – трансформаторы. Развитие этих аппаратов зависело от роста мощностей и напряжений линий электропередачи. С появлением и совершенствованием высоковольтного оборудования возникла проблема его защиты от различных электрических факторов.

В работе рассмотрены устройства микропроцессорной защиты «Сириус-ТЗ» и «Сириус-3-ЛВ-03», их принципиальные схемы, основные технические характеристики и предназначение.

Устройство микропроцессорной защиты «Сириус-ТЗ» предназначено для выполнения функций основной защиты трехобмоточного трансформатора с высоким напряжением 35–220 кВ. Возможно использование устройства «Сириус-ТЗ» в качестве дифференциальной защиты автотрансформатора. Оно содержит ступени подменных МТЗ высшей, средней и низшей сторон трансформатора, которые выполнены с внешним комбинированным пуском напряжения.

Устройство микропроцессорной защиты «Сириус-3-ЛВ-03» предназначено для защиты воздушных линий 110–220 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью, а также в системах управления, автоматики и сигнализации высоковольтного выключателя с трехфазным управлением (АУВ, АПВ, УРОВ). Оно содержит классический набор ступенчатых защит относительной селективности.

Применение таких устройств на практике уменьшает время срабатывания устройств релейной защиты, находящихся в эксплуатации, повышает надежность систем.

УДК 621.314

СТАБИЛЬНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ В НЕМАРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Ю.К. БИККИНЯЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

канд. физ.-мат. наук, доц. М.Ш. ГАРИФУЛЛИН

Цель работы: определение влияния концентрации ароматических соединений при измерении $\text{tg}\delta$ угла диэлектрических потерь при нагреве на разные температуры. В качестве ароматического соединения был взят бензол, который был добавлен в трансформаторное масло марки ГК в различной концентрации. Бензол - органическое соединение С₆Н₆, простейший ароматический углеводород.

Все образцы масел подвергли термическому окислению. Условия эксперимента: температура окисления –140 °С, время окисления 3 часа. Для всех образцов была измерена величина диэлектрической проницаемости. В результате получено, что наименьшее значение $\text{tg}\delta$ соответствует образцам масел с наибольшей концентрацией бензола.

Таким образом было показано, что ароматические соединения проявляют антиокислительные свойства и полная очистка масел от ароматических соединений может являться нецелесообразным, несмотря на имеющиеся отрицательные свойства ароматиков.

УДК 621.311

АЛГОРИТМЫ, МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Ю.В. БОРНУКОВА, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Н.П. ФИКС

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания компьютерных обучающих комплексов и методик их применения, которые

отвечают предъявляемым к ним психолого-педагогическим требованиям и обеспечивают эффективность образовательного процесса. В современных условиях организации образовательного процесса в вузе использование компьютера как средства обучения оказывает существенное влияние на методы преподавания и организации процесса обучения в целом. Рациональное использование компьютерных технологий позволяет повышать эффективность обучения. Это достигается, прежде всего, за счет применения эффективных способов представления информации, индивидуализации и автоматизации образовательного процесса.

Целью данной работы является разработка теоретического, методического и программного обеспечения для лабораторного практикума по дисциплине «Методы расчета устойчивости энергосистем». Виртуальная лаборатория включает лабораторные работы с теоретическими сведениями, методическими указаниями по их выполнению и контрольными вопросами. Рассматриваются методика и практические способы расчета статической устойчивости электроэнергетических систем. Виртуальные лабораторные работы предназначены для закрепления теоретического материала по разделам дисциплины «Методы расчета устойчивости энергосистем». Кроме того, студенты получают практические навыки постановки и решения задач расчета устойчивости энергосистем.

Знание структуры, элементов, численных показателей, параметров, математических моделей и математических методов исследования устойчивости энергосистем будет востребовано в практической деятельности выпускников. Практическую направленность задачи построения областей допустимых режимов представляют вопросы выбора расчетных условий, коэффициентов запаса устойчивости для построения двумерных областей допустимых режимов сложных энергосистем. Чисто теоретическое изучение этих вопросов неэффективно.

УДК 621.355.(075.8)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

В.В. БОГДАНОВ, СГТУ, г. Саратов
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Г. УГАРОВ

Для современной энергетики с нарастающей тенденцией приобретают интенсивные формы развития, выдвигающие повышенные требования к

качественным показателям энергетических установок. В связи с этим возрастает роль накопителей энергии (НЭ), обеспечивающих решение целого ряда проблем накопления, хранения, преобразования энергии, реализации оптимальных режимов работы оборудования, питания потребителей с нестандартными параметрами и т.п.

Основная роль НЭ в электротехнических системах сводится к аккумулярованию избыточной энергии при отключении значительной части потребителей и последующему использованию накопленной энергии в периоды интенсивного энергопотребления (выравнивание графика нагрузок потребления электроэнергии). К функциям НЭ также относится их способность преобразования энергий различного вида и их показателей.

Для современной стационарной энергетики наиболее востребованными видами НЭ являются накопители механической энергии: аккумуляторные батареи, электрохимические конденсаторы аномальной ёмкости, сверхпроводящие индуктивные накопители (СПИН), линейные накопители.

К другим видам НЭ в стационарной энергетике относятся топливные элементы, магнитогидродинамические установки.

Для автономной энергетики, включая автомобильный и электрифицированный транспорт, установки, использующие возобновляемые источники энергии, приоритетными видами НЭ являются электрохимические накопители (аккумуляторные батареи), электрохимические конденсаторы, динамические накопители (маховики), топливные элементы.

Отмеченные НЭ являются перспективными в указанных областях применения в связи с достигнутыми уже в настоящее время высокими удельными показателями. Так, на мировом рынке находящиеся СПИН с энергией до $6 \cdot 10^6$ Дж, в России разрабатывается СПИН с энергией 24 МДж. Модульная конструкция, составленная из электрохимических конденсаторов, ёмкость двойного слоя которых достигает 50–60 Дж/г, способна хранить 1000 МДж, при напряжении в десятки киловольт и высоком КПД (до 90 %).

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ В УЗЛАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Е.А. БАСКАКОВ, (ф) УГНТУ в г. Салавате
Науч. рук. асс. А.В. САМОРОДОВ

Качество электроэнергии является необходимым условием безопасного применения электрооборудования, а также непосредственно сказывается на экономических показателях как производителей, так и потребителей электроэнергии. Поэтому необходимо правильно и своевременно оценивать показатели качества электроэнергии.

В работе выполнены исследования влияния точки подключения приборов учета на коэффициенты n -ых гармонических составляющих по напряжению. Для проведения исследований была разработана однофазная модель линии электропередач (ЛЭП) в приложении Simulink. Длина ЛЭП 500 км. Источник электрической энергии генерирует в сеть основную гармонику напряжением 6 кВ, 50 Гц, а также 5, 7 и 11 гармоники с уровнями напряжений высших гармоник 1 %, 0,8 % и 0,6 %, соответственно. Через каждые 10 км ЛЭП снимали осциллограммы напряжения, затем произвели гармонический анализ Фурье. По полученным значениям построили графики n -ых гармонических составляющих по напряжению в зависимости от расстояния до точки подключения приборов контроля (рис. 1).

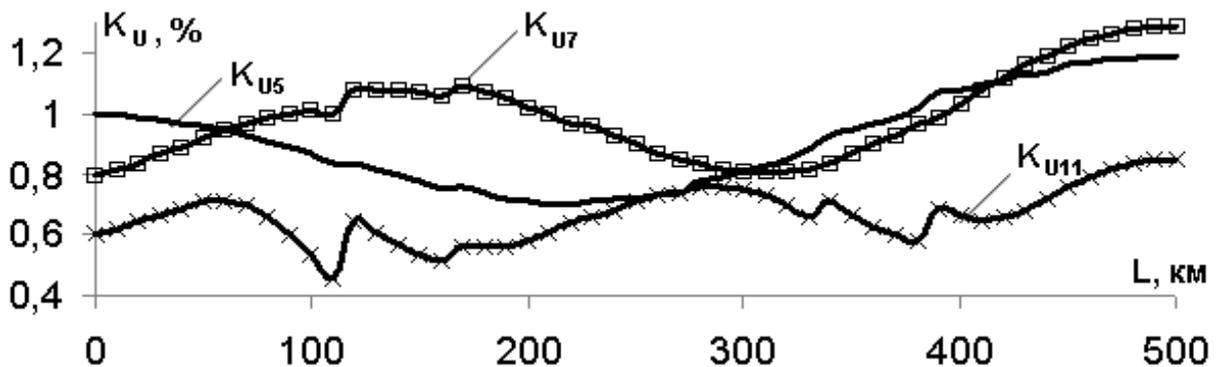


Рис. 1. Зависимость коэффициентов гармоник по напряжению от длины линии

Анализируя полученные данные, мы пришли к выводу, что в зависимости от длины линии, от источника электроэнергии до потребителя, происходит изменение коэффициентов n -ых гармонических составляющих как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

УДК 621.311.22:65.011.56

ТРЕНАЖЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЭЦ НА ЭВМ

А.И. ГАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.Е. УСАЧЁВ

В целях создания элементарных схем электростанций и подстанций, собственных нужд нами разрабатывается на языке Delphi программа, где графическим элементам присваиваются свойства электрических элементов.

При проектировании и расчете ТЭЦ необходимо пользоваться нормами технологического проектирования, большим количеством справочной литературы, каталожными данными цен на оборудование; создавать проектную документацию. Сроки сооружения и качество станции в значительной мере определяются при их проектировании. Однако в условиях, когда мощности, параметры и цены отдельных блоков и устройств станций растут, а оборудование становится все более сложным, обеспечить выполнение требований ускорения темпов и повышения качества традиционными методами неавтоматизированного проектирования становится все труднее.

Актуально создание автоматизированной системы проектирования ТЭЦ с целью облегчения труда проектировщика и проверки, аттестации бакалаврских работ студентов, рассчитывающих традиционными методами.

Предварительно отдельно создается модуль-база данных высоковольтного оборудования – генераторов, трансформаторов, автотрансформаторов, выключателей, сборных шин, кабелей, РУ, КРУ с присущими им параметрами и характеристиками, из которой в дальнейшем программа по проведенным в ней расчетам будет автоматически выбирать нужное оборудование, и подставлять его параметры в таблицу результатов, а его изображение в графическую часть.

С помощью существующих алгоритмов расчета и графостатистических методов анализируется большее количество схем и выделяется наиболее надежная и экономичная схема. Планируется, что на этапах проектирования возможно вмешательство проектировщика в этапы и корректировка.

Благодаря программе облегчится труд проектировщиков, появится возможность проверять и аттестовывать бакалаврские проекты проектирования ТЭЦ на кафедре «электрические станции КГЭУ». Достоверность расчетов будет проверяться империческим методом, то есть сравнением традиционных методов расчета с программным.

УДК 621.316.027.3.001.4

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ОДНОЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ
ЛИНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
НАПРЯЖЕНИЕМ 6–110 КВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В НОРМАЛЬНОМ И АВАРИЙНОМ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

А.Ф. ГАНИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В последнее время особую актуальность приобрели вопросы влияния токов короткого замыкания на надежность работы кабельных линий. Для оценки теплового режима кабелей при коротких замыканиях существуют различные экспериментальные и расчетные методы.

В данной работе сообщается о результатах тепловых расчетов кабельных линий в нормальном и аварийном режиме работы. Расчет проводился методом конечных элементов для одножильных кабелей с полиэтиленовой изоляцией.

В основе метода лежит непосредственное решение уравнения:

$$\nabla^2 T = -\frac{Q}{C} \quad (1)$$

где T – температура, ρ – плотность, C – теплоемкость, k – теплопроводность, Q – тепловая мощность, ∇ – оператор Набла.

Основным источником тепла является энергия, выделяющаяся в жиле при протекании тока нагрузки и (или) тока короткого замыкания по закону Джоуля Ленца. Учитывается также тепло, выделяющееся за счет протекания тока утечки по изоляции кабеля, и тепло, выделяющееся в броне за счет наведенных токов. Граничными условиями являются уравнение непрерывности, т.е. количество теплоты, подошедшей к границе раздела двух сред, равно количеству теплоты, ушедшей от границы:

$$n \cdot q = 0 \quad (2)$$

На внутренних границах, т.е. на границах жила-изоляция, изоляция-изоляция теплопередача осуществляется посредством теплопроводности:

$$q_1 = q_2 \quad (3)$$

На внешних границах, т.е. на границе воздух-оболочка кабеля, присутствует как теплопередача так и конвекция:

$$q = h(T - T_{\text{вн}}) \quad (4)$$

В работе приводятся графики распределения температур внутри кабеля.

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЗА РУБЕЖОМ

А.Ш. ГАРЕЕВ, Т.И. АФАНАСЬЕВА, УГАТУ, г. Уфа

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

При оценке работы зарубежных электроэнергетических систем (ЭС) учитываются показатели, характеризующие аспекты организации процесса управления надежностью электроснабжения потребителей (приведены в табл.):

<p><i>system average interruption frequency index – SAIFI</i> – среднее число ограничений потребителей узлов, подверженных ограничениям за год</p>	$\lambda_{co} = \frac{\sum_{j=1}^{N_0} \lambda_j}{N_0} \quad [1/\text{год}], \text{ где } N_0 \text{ – число}$ <p>контролируемых узлов нагрузки в ЭС, подверженных ограничениям</p>
<p><i>system average interruption frequency index – CAIFI</i> – средняя длительность ограничения потребителей одного узла за год</p>	$T_{Hcp} = \frac{\sum_{j=1}^N T_{Hj}}{N} \quad [\text{час}], \text{ где } T_{Hj} \text{ –}$ <p>средняя продолжительность ограничения узла нагрузки</p>
<p><i>system average interruption duration index – SAIDI</i> – среднее ограничение потребляемой мощности потребителей на один узел ЭС за год</p>	$\Delta P_c = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta P_j \lambda_j}{N} \quad [\text{МВт/год}], \text{ где } \Delta P_j \text{ –}$ <p>ожидаемая величина ограничения мощности</p>
<p><i>bulk power interruption index – BPII</i> – средняя величина ограничения мощности за один отказ</p>	$\Delta P_c = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta P_j \lambda_j}{\sum_{j=1}^N \lambda_j} \quad [\text{МВт}]$
<p><i>bulk power average curtailment – BPACI</i> – показатель недоотпуска электроэнергии, представляющий собой эквивалентное всем случаям недоотпуска электроэнергии время ограничения (в том числе и полного погашения) узлов нагрузки сети</p>	$S_w = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta P_j T_{Hj} \lambda_j}{P_c} \quad [\text{ч/год}], \text{ где } P_c \text{ –}$ <p>максимум суммарной нагрузки контролируемых узлов ЭС</p>
<p><i>bulk power energy curtailment index – BPECI</i> – модифицированный показатель недоотпуска электроэнергии</p>	$S_{wM} = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta P_j T_{Hj} \lambda_j}{8760 \cdot P_c} \quad [1/\text{год}]$

Учет данных показателей при расчете оценке работы отечественных ЭС позволит повысить качество и надежность электроснабжения.

СИСТЕМЫ КИПП-2М – УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДСТАНЦИЙ

А.А. ГОРШКОВ, А.В. ШИРШОВ, Д.Ю. ФИЛАТОВ,
ОГТИ (ф) ГОУ «ОГУ», г. Орск
Науч. рук. ст. преп. Е.А. ПРАСЛОВА

Основными потребителями электроэнергии подстанции «Шильдинская» являются промышленные и приравненные к ним, производственные сельскохозяйственные, бытовые, общественно-коммунальные. По степени надежности электроснабжения эти потребители относятся к I (50 %), II (20 %), III (30 %) категориям.

Последняя реконструкция этой подстанции проводилась осенью 2007 г., в том числе был произведен монтаж аппаратуры управления и автоматизация элементов подстанции. А в конце 2009-го года был запущен в серийное производство многофункциональный счетчик электроэнергии «КИПП-2М», который является продолжением и дальнейшим развитием серии устройств, предназначенных для построения распределенных интегрированных систем автоматизации подстанций.

Основная цель назначением системы КИПП-2М является многофункциональный счет электрической энергии, который используется в качестве единого средства измерения, учета электроэнергии, телесигнализации, и телеуправления высоковольтными ячейками всех классов напряжения, а также для измерения всех показателей качества электрической энергии. В связи с чем будет целесообразно провести установку данного оборудования в ПС «Шильдинская».

Основной целью применения КИПП-2М в подстанции 110/35/10 кВ «Шильдинская» - получение оперативной, достоверной информации о количестве принятой и распределенной, потребленной и переданной электрической энергии и мощности, уменьшение коммерческих потерь электроэнергии в целом по ВЭС за счет получения более точного и одновременного баланса электроэнергии, а также приведение учета электроэнергии в соответствии с требованиями действующих нормативных и директивных документов.

УДК 621.315

РАСЧЁТ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

В СЕТЯХ 6 кВ ГАЗОХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»

А.В. ДЕРЕВЯШКИН, (ф) УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ВИЛЬДАНОВ

На газохимическом заводе, питающемся от ГПП1, используется режим изолированной нейтрали. Достоинствами данного режима являются:

- отсутствие необходимости в немедленном отключении первого однофазного замыкания на землю;
- малый ток в месте повреждения (при малой емкости сети на землю).

Недостатки этого режима заземления нейтрали:

- возможность возникновения дуговых перенапряжений при перемежающемся характере дуги с малым током (единицы-десятки ампер) в месте однофазного замыкания на землю;
- возможность возникновения множественных повреждений (выход из строя нескольких электродвигателей, кабелей) из-за пробоев изоляции на других присоединениях, связанных с дуговыми перенапряжениями;
- возможность длительного воздействия на изоляцию дуговых перенапряжений, что ведет к накоплению в ней дефектов и снижению срока службы;
- сложность обнаружения места повреждения.

Недостатки режима работы с изолированной нейтралью весьма существенны, а такое достоинство, как отсутствие необходимости отключения первого замыкания, достаточно спорно. Так, всегда есть вероятность возникновения второго замыкания на другом присоединении из-за перенапряжений и отключения сразу двух кабелей, электродвигателей или воздушных линий. Такое развитие событий в эксплуатации не так редко, как кажется на первый взгляд.

Произведен расчет емкостного тока ГПП1, питающей газохимический завод. В нормальном режиме на секции IV составил 13 А, а на секции VIII 11 А. Токи однофазного замыкания на землю значительны, особенно в аварийном режиме и составляют 27 А.

В работе предложены меры по заземлению нейтрали электрической сети газохимического завода.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД КТЭЦ-2

М.И. ЗАБИРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Комплекс вспомогательного электрического оборудования электростанции, обеспечивающего бесперебойную работу её основных агрегатов, называются собственными нуждами электростанции. В состав собственных нужд входят: силовая и осветительная электросети станции, аккумуляторные установки, аварийные источники электропитания, электродвигатели всех механизмов – насосов, вентиляторов.

Электроприёмники собственных нужд подразделяют на группы в соответствии с требованиями бесперебойной работы. К группе наиболее ответственных относят электроприёмники, выход из строя которых приводит к нарушению нормального режима работы станции или к аварии. На ТЭС это – электродвигатели питательных насосов паровых котлов; на АЭС – системы управления и защиты реактора, механизмы расхолаживания реактора; на ГЭС – механизмы, обеспечивающие циркуляцию масла и воды в системах смазки и охлаждения, механизмы закрытия дроссельных затворов напорных трубопроводов. Организация работы электроприёмников предусматривает их надёжное резервирование, обеспечивающее высокую надёжность устройств собственных нужд.

В настоящий момент существуют два уровня напряжения электроснабжения системы собственных нужд: 6 и 10 кВ. Однако существуют также электростанции с напряжением собственных нужд 3 кВ. Очевидно, что на таких электростанциях оборудование морально и физически устарело, поэтому становится актуальным переход электроснабжения собственных нужд с 3 кВ на 6 или 10 кВ.

Преимуществом напряжения 10 кВ является снижение потерь электроэнергии в сетях собственных нужд по сравнению с напряжением 6 кВ, однако приводит к более высоким затратам на оборудование. Оценить выгоду электроснабжения собственных нужд на 6 или 10 кВ можно только путем детального анализа схем электроснабжения собственных нужд электростанций.

УДК 621.311

ПРОБЛЕМА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ УСТАНОВКИ Л-35/11-1000, ЗАВОДА НПЗ, ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»

И.А. ЗАХАРОВ, О.А. ИОНЦЕВА, (ф) УГНТУ в г. Салавате
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ВИЛЬДАНОВ

Перенапряжения в электрических сетях возникают при:

- коммутации различных элементов цепи;
- однофазных замыканиях на землю;
- насыщении магнитопроводов силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения (феррорезонансные перенапряжения);
- воздействию атмосферного электричества и т.д.

Известно, что повышение напряжения представляет опасность для изоляции электрической установки. Воздействие перенапряжений на изоляцию может привести к её пробое. Применение комплекса мер по ограничению перенапряжений – один из наиболее эффективных способов повышения надёжности сетей электроснабжения [1].

Целью работы является поиск путей по ограничению перенапряжений и методы их предотвращения. Это может быть достигнуто применением RC-цепочки, которая поможет снизить величину перенапряжений в кабельной линии, уменьшить воздействие большого напряжения на изоляцию.

Оптимальное место установки RC-цепочки, а также числовые значения её сопротивления и ёмкости получены с помощью прикладного пакета Simulink среды «Matlab». В работе рассмотрены различные варианты расположения RC-цепочки: между фазами электродвигателя, на вводах силового (питающего) кабеля, непосредственно в распределительном устройстве.

Список литературы:

1. Захаров И.А. Проблема перенапряжения в распределительных сетях и защита электрооборудования от его воздействия / И.А. Захаров // Научно-исследовательские проблемы в области энергетики и энергосбережения: сб. тр. / Уфа: УГАТУ, 2010. – С. 57-59

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ НАДСТРОЕК К КОТЕЛЬНЫМ В КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Н.Л. ЗАХАРОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.А. ЩЕДРИН

Возможности применения когенерационных технологий в виде отдельных надстроек к котельным газотурбинным или газопоршневым установкам в коммунальной энергетике города весьма обширны, начиная от энергоснабжения отдельных зданий и комплексов, заканчивая жилыми микрорайонами. Мини-ТЭЦ выгодны на тех объектах, которые не присоединены к муниципальным электрическим и тепловым сетям и имеют сбалансированные графики электрических и тепловых нагрузок. Экономичнее устанавливать индивидуальные когенерационные установки в тех местах, где отсутствуют централизованные инженерные коммуникации и которые удалены от сетей электро- и теплоснабжения.

В случае подключения мини-ТЭЦ на параллельную работу с городской коммунальной энергосистемой, необходимо выявить эффективность ее использования в зависимости от режима работы нагрузки генератора с учетом сохранения динамической устойчивости силового агрегата, а также рационального управления системой технологического цикла расхода топлива. Анализируя оптимальное соотношение локальных и централизованных источников энергоснабжения в зависимости от плотности электрической и тепловой нагрузки потребителей города, определяется экономическая целесообразность применения когенерационных станций, с дальнейшим выходом на более высокий уровень напряжения ПО кВ – 220 кВ.

Перспективы и возможности использования технологий когенерации в коммунальной энергетике можно характеризовать как значительные, позволяющие в перспективе значительно замедлить темпы роста тарифов организаций коммунального комплекса, за счет комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Однако выполнение надстройки на действующие котельные, которые имеют значительный физический и моральный износ связаны с существенными затратами на их модернизацию и реконструкцию. Немаловажными вопросами являются технические требования подключения когенерационных станций к энергосистеме, влекущие за собой дополнительные затраты на строительство и реконструкцию существующих сетей электро- и теплоснабжения.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ

В ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДАХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Г.Х. ИЗМАЙЛОВА, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук. доц. Р.Б. АБЕУОВ

На сегодняшний день широкое распространение получили разработки в области практического применения регулируемых устройств компенсации реактивной мощности, таких как, статические тиристорные компенсаторы и управляемые шунтирующие реакторы. Эти устройства применяются для управления нормальными режимами электроэнергетических систем (ЭЭС), возможность их использования для управления переходными режимами только изучается. Важными сдерживающими факторами при этом являются отсутствие алгоритмов управления, способов выбора и реализации управляющих воздействий при наличии подобных устройств и т.д.

Перспективный подход к решению задач управления динамическими переходами энергосистем может быть основан на общем принципе построения систем управления программным движением технических объектов. Суть этого принципа заключается в разделении задачи синтеза систем управления на подзадачу построения программных траекторий движения (ПТД) объектов и подзадачу формирования обеспечивающих эти траектории управлений.

С точки зрения реализации данного подхода выполнены разработка и моделирование алгоритма управления генератором электростанции малой мощности по ПТД с использованием в качестве управляющего устройства статического тиристорного компенсатора.

Исследования показали, что при условии правильного выбора закона управления и места установки, регулируемые устройства компенсации реактивной мощности потенциально могут быть использованы для управления генераторами малой мощности в динамических переходах энергосистем.

Универсальность подхода позволяет рекомендовать его для дальнейшего развития с целью получения практических результатов в задачах управления динамическими переходами ЭЭС.

УДК 621.316

**МЕТОДИКА ВЫБОРА АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ В ПРОТЯЖЕННЫХ
ЛИНИЯХ 0,4 кВ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

Е.В. ИВАНОВСКАЯ, СамГТУ, г. Самара
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. ГАЛИМОВА

Существующая методика выбора аппаратов защиты в линиях 0,4 кВ при проектировании протяженных линий с распределенной нагрузкой неэффективна. Она не позволяет выбрать эффективную защиту от коротких замыканий (КЗ). Например, в линии наружного освещения автомагистрали при КЗ в конце линии ток КЗ меньше или равен току нагрузки в конце линии. В этом случае автоматические выключатели, установленные в РП 0,4 кВ на ТП, не отключат нагрузку. Для решения этой проблемы необходимо секционировать линию и выбрать автоматические выключатели. Выбор выключателей должен удовлетворять условиям: ток КЗ должен быть не менее трехкратного номинального тока защитного аппарата; номинальный ток защитного аппарата должен быть не менее номинального тока нагрузки в j -том узле. Токи КЗ рассчитываются в соответствии с ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока до 1 кВ».

$$\sqrt{3}U_{cp} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2} \geq (3P_{Hj} n) / \sqrt{3}U \cos \varphi \quad (1)$$
 где n – количество узлов от точки подключения автомата до ТП; $R_{\Sigma}, R_0, X_{\Sigma}, X_0$ – суммарные активные и реактивные сопротивления прямой и обратной последовательностей схемы замещения системы электроснабжения. Количество узлов от ТП до узла j , в котором необходимо установить автомат
$$n = (P_{\Sigma} - I_{H3} \sqrt{3}U_H \cos \varphi) / P_{Hj} \quad (2),$$
 где P_{Σ} – суммарная нагрузка системы электроснабжения. Номинальный ток автомата I_{H3} выбирается из стандартного ряда, но не более $1/3$ тока КЗ. Подставив в (2) I_{H3} , определяем значение n . Окончательный выбор узла j проводится после проверки условий неравенства (1). Если (1) не выполняется, то следует уменьшить значение n , выбрав узел $j-1$. Далее рассчитывается ток КЗ в узле j , выбирается узел для установки защитного аппарата и определяется диапазон защиты. Таким образом, рассчитывается вся линия, последний узел для расчета и установки защитного аппарата – РУ 0,4 кВ ТП.

УДК 621.311.4

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЯЗАНСКОГО КОЖЕВЕННОГО ЗАВОДА

С.А. ИСАЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В данной работе рассматривается предприятие ОАО «Сафьян»: Рязанский кожевенный завод, который занимается обработкой кожевенного сырья. ОАО «Сафьян» является самым крупным заводом по выпуску кож в Восточной Европе.

Площадь предприятия 480000 кв.м, установлено более 80 единиц современного оборудования. Уровень механизации составляет 90 %. Численность персонала составляет около 2000 человек.

На предприятии имеется собственная котельная, очистные сооружения, водозабор второго подъема и канализационная насосная станция.

Цели энергетического обследования:

- оценка фактического состояния системы электроснабжения;
- выявление резерва мощности и разработка оптимальной схемы снабжения нового производства с учетом развития производства (потребность – 7 МВА);
- разработка мероприятий по повышению надежности системы электроснабжения предприятия.

Задачей работы является обследование электрической части предприятий:

- диагностика текущего состояния электрооборудования и анализ фактического состояния системы электроснабжения предприятия;
- оценка фактической загрузки высоковольтных питающих фидеров, РУ-6 кВ, распределительной кабельной сети 6 кВ, трансформаторов ТП 1 -ТП 6, коммутационной аппаратуры и выявление имеющегося резерва мощности в системе электроснабжения;
- определение фактического потребления активной и реактивной мощности, выявление причин нерационального использования электроэнергии;
- измерения и анализ показателей качества электроэнергии (ПКЭ);
- разработка обоснованных мероприятий по повышению надежности и энергоэффективности системы электроснабжения предприятия.

УДК 321.3

СООРУЖЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ВЫСОКОГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Ч.Ч. КАЛМАТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

На сегодняшний день обеспечение надежности электроснабжения по воздушным линиям электропередачи (ВЛЭП) при оптимизации затрат становится одним из наиболее проблем. Потери электроэнергии, связанные с нерациональной эксплуатацией в высокогорных условиях, снижают надежность электроснабжения, порождают проблемы энергосбережения. Остаются актуальными вопросы надежности работы линий электропередачи и устойчивости целостной энергетической системы. Для решения данных проблем требуется:

1. проанализировать условия сооружения и эксплуатации ВЛЭП, учитывая климатические условия;
2. рассмотреть нормы проектирования ВЛЭП в высокогорных условиях;
3. рассмотреть особенности монтажа ВЛЭП;
4. изучить особенности эксплуатации ВЛЭП;
5. проанализировать аспекты энергосбережения.

Особенности проектирования ВЛЭП 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 ВЛЭП в условиях высокогорья следует принимать во внимание сложность текущей диагностики состояния линий.

УДК 621.316:621.3.027

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ВВОДОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.В. КОННОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время в электроэнергетике электрооборудования большое распространение приобретают методы диагностики, позволяющие

контролировать состояние объектов под рабочим напряжением. Одним из таких методов является тепловизионный контроль.

Применение тепловизионной диагностики основано на том, что наличие некоторых дефектов высоковольтного оборудования вызывает изменение температуры дефектных элементов и, как следствие, изменение интенсивности инфракрасного (ИК) излучения, которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами.

Силовой трансформатор (СТ) является одним из наиболее важных узлов электростанции (ЭС) или подстанции (ПС). Особенно актуальным в связи с этим становится своевременное выявление развивающихся дефектов СТ, которое позволяет вывести силовой трансформатор в ремонт прежде, чем случится авария, связанная с выходом его из строя. В соответствии с опросом, проведенным СИГРЭ, 12 % из общего числа отказов трансформаторов связаны с повреждениями вводов высокого напряжения. В отечественной практике, исходя из статистических данных разных лет, этот показатель изменялся в пределах от 18 до 37 %. Основной причиной отказа вводов является повреждение изоляции, которое может быть выявлено в процессе тепловизионного обследования.

В процессе нашего исследования был собран и изучен материал о применении тепловизионной диагностики на электрических станциях и подстанциях. На основе этих данных была проанализирована перспектива повсеместного применения тепловизионных методов контроля изоляции силового трансформатора. Тепловизионная диагностика выявляет следующие дефекты силовых трансформаторов: 1. очаги возникновения магнитных полей рассеивания; 2. образование застойных зон в баках трансформаторов за счет шламообразования, разбухания или смещения изоляции обмоток, неисправности маслосистемы; 3. дефекты вводов; 4. оценка эффективности работы систем охлаждения, которые не выявляются другими методами диагностирования.

УДК 621.315.6

КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ НА ТЭЦ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

М.Ю. КОЗИН, КГЭУ, г. Казань

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

Изоляция является одним из важнейших элементов электрооборудования, непосредственно определяющим надежность его

работы. В процессе эксплуатации изоляция подвергается электрическим, механическим и тепловым воздействиям и постепенно изменяет первоначальные свойства. Загрязнение изоляции, например, парами и брызгами масла из подшипников в электрических машинах и т.п. снижают поверхностное сопротивление изоляции и могут привести к пробое.

В задачи эксплуатации входит организация контроля за состоянием изоляции, который позволил бы своевременно выявить опасные изменения до того, как возникает повреждение изоляции. Одной из важных форм такого контроля является проведение профилактических испытаний.

Одним из методов профилактического контроля является измерение сопротивления изоляции постоянному току обмоток электрической машины, реализуемый на малой промышленной ТЭЦ. Сопротивление изоляции измеряется при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ включительно мегомметром на напряжение 500 В, при номинальном напряжении обмотки свыше 0,5 кВ до 1 кВ – мегомметром на напряжение 1000 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 1 кВ – мегомметром на напряжение 2500 В.

Показания мегомметра позволяют оценить среднее состояние изоляции, показания прибора пропорционально протекающему току по измерительной цепи. Для оценки увлажненности изоляции используют показатель – коэффициент абсорбции, определяемый из соотношения (1)

$$k = R_{60} / R_{15} \quad (1)$$

R_{60} – показания мегомметра через 60 секунд;

R_{15} – показания прибора через 15 секунд.

Таким образом, коэффициент абсорбции позволяет контролировать не только степень увлажненности изоляции, но и является одним из основных критериев обеспечения надежной эксплуатации турбогенераторов.

УДК 621.315:621.38

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ

И.Л. КУЗЬМИН, КГЭУ, г. Казань

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

Функционирование датчика [1] одновременно с регистрацией осциллограмм тока и напряжения в начале фидера при однофазном

замыкании на землю (ОЗЗ) позволило провести анализ наблюдаемых аварийных режимов.

Целью данной работы являлось сравнение осциллограмм, зарегистрированных датчиком и регистратором аварийных событий, расположенным в начале фидера, с лабораторной моделью ОЗЗ.

Форма осциллограммы тока нулевой последовательности хорошо совпадает с аналогичной осциллограммой, полученной на лабораторной модели ОЗЗ, когда место повреждения аппаратно моделируется газовым разрядником. Хорошо прослеживается всплеск тока, вызванный разрядом эквивалентной емкости; площадка, обусловленная горением дуги; пауза в токе, вызванная погасанием дуги при переходе тока через нулевое значение, когда приложенное напряжение меньше пробойного, и циклическое повторение этого процесса в течение полупериода промышленной частоты со сменой знака тока.

Интересно отметить, что форма тока и производная напряжения нулевой последовательности полностью совпадают по форме в соответствии с интегральной формой уравнения Кирхгофа для контура нулевой последовательности. Численные значения приведенных величин позволяют определить величину эквивалентной емкости в контуре нулевой последовательности по формуле $C = I_0 \cdot \Delta t / \Delta U_0$.

Полученная величина емкости хорошо согласуется с расчетной для суммарной длины фидеров питающей подстанции и совместно с параметрами деформированной тройки векторов фазных напряжений позволяет определить переходное сопротивление в месте ОЗЗ.

Литература:

1.. Разработка программно-аппаратного комплекса, реализующего алгоритм определения места повреждения в ЛЭП с изолированной нейтралью. / Р.Г. Хузяшев, И.Л. Кузьмин. – Энергетика Татарстана № 1(9) 2008, с. 97–99.

УДК 621.311.075

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСЕРЕЖИМНОГО МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ КАК БАЗЫ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ДЕЛОВЫХ ИГР ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Я.А. КОБЗЕВА, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.А. МАСТЕРОВА

Для того чтобы приблизить подготовку студентов электроэнергетического профиля к практическим нуждам, используются различные методы активного обучения (АМО), где обучаемый участвует как субъект собственного обучения. Речь идет о *деловых, ролевых играх, тренингах* и т.д.

Деловая игра при обучении студентов – это имитация рабочего процесса, моделирование, упрощенное воспроизведение реальной производственной ситуации.

Потенциально перспективными средствами для постановки деловых игр являются тренажеры различного назначения, широко используемые для тренинга оперативного и диспетчерского персонала.

В Томском политехническом университете (ТПУ) имеется опыт разработки тренажеров диспетчерского персонала энергосистем на основе гибридного (аналого-цифрового) моделирования электроэнергетических систем. Базовым и структурным элементом тренажеров этого типа является всережимный моделирующий комплекс реального времени (ВМК РВ) ЭЭС, созданный на основе современной концепции гибридного моделирования ЭЭС и представляющий собой специализированную многопроцессорную программно-аппаратную систему.

ВМК РВ ЭЭС позволяет осуществлять полный спектр нормальных и аварийных режимов и процессов моделируемой ЭЭС в реальном времени. Серверный компьютер ВМК ЭЭС обладает широкими и разнообразными возможностями интерактивного, программного и комбинированного управления, всеми объектами модели ЭЭС, включая короткозамыкатели, выключатели, системы автоматического управления возбуждением, нагрузки, коэффициенты трансформации. Таким образом, данный комплекс может стать эффективной основой для постановки деловых игр по управлению схемно-режимными состояниями энергосистем для профессиональной подготовки студентов-электроэнергетиков.

УДК 621.315

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЕФЕКТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДО 35 кВ

О.А. ЛОСКУТОВА, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Т. ПИЧУГИНА

Воздушные линии электропередачи являются наименее надежными элементами энергосистем. Поэтому задача определения мест повреждения на воздушных линиях электропередачи крайне важна для обеспечения скорейшего восстановления питания в случае неисправностей и аварий. Большую часть повреждений воздушных линий составляют замыкания и обрывы. Диагностика мест повреждения и восстановление поврежденных участков линий является сложной и длительной технологической операцией.

Особо остро проблема диагностики линий электропередач стоит для электролиний напряжением 6–35 кВ, составляющих основу распределительных сетей. Затруднения, прежде всего, возникают из-за того, что они имеют древовидную топологию. На данный момент существует немалое количество методик определения мест повреждения линий. Однако, универсальной методики не существует.

Одним из перспективных методов диагностирования можно назвать метод импульсного зондирования, который использовался при проведении экспериментов на физической модели.

При проведении экспериментов использовался макет линии, собранный из ячеек со следующими параметрами: $C = 2000$ пФ и $L = 32$ мГн. Для экспериментов использовался специальный генератор импульсов, который подавал на вход линии зондирующие импульсы длительностью до 10 мкс и амплитудой до 50 кВ. На осциллографе Testronix регистрировались входной импульс и отраженные импульсы от всех точек линии.

На макете проводилась имитация следующих повреждений: обрыв линии, короткое замыкание, замыкание через сопротивления.

Для натурных испытаний был разработан специальный генератор высоковольтных импульсов амплитудой до 50 кВ. Использование данного метода диагностики позволит заблаговременно предупреждать возникновение повреждений в ЛЭП, своевременно определять вид повреждения и оперативно устанавливать его местонахождение.

УДК 621.313

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ ЗАДАВАНИЯ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ РАСЧЕТА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

М.С. МАКЕЕВ, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ВАХНИНА;

ст. преп. А.Н. ЧЕРНЕНКО

Электроэнергетическая система (ЭЭС) – это сложная совокупность источников питания, линий электропередач (ЛЭП), понизительных подстанций, узлов нагрузки и т.д. При моделировании сложной ЭЭС зачастую недостаточно паспортных данных установленного оборудования, т.к. это не дает полной обзримости процессов, протекающих в модели. Для проверки алгоритмов решения и задания начальных условий, с которых начинается расчет модели, требуется четко представлять потокораспределения в ЭЭС и характер нагрузок в ее узлах.

При увеличении числа элементов в моделируемой системе возникает проблема сходимости при расчете начальных значений установившихся режимов для инициализации параметров переменных уравнений, решаемых итерационными методами. Подборка параметров элементов модели методом ее утяжеления не оправдывает себя. В связи с этим предлагается использовать теорию графов для задания начальных параметров элементов моделируемой системы.

Элементами ЭЭС, которые моделируются ребрами графа, являются ЛЭП, трансформаторы, реакторы и др. Как правило, все они имеют П-образные схемы замещения и поэтому содержат элемент связи между двумя граничными узлами – продольную ветвь, и элементы, связывающие узлы с нейтральной точкой системы N , – поперечные ветви (рис.1 а, б).

Для моделирования топологии схем электрических сетей используют матричные модели, отражающие свойства графов. Зная основные положения теории графов и метода узловых потенциалов, можно определить напряжение в узлах энергосистемы, токи в линиях, падение напряжения и потери мощности в линиях.

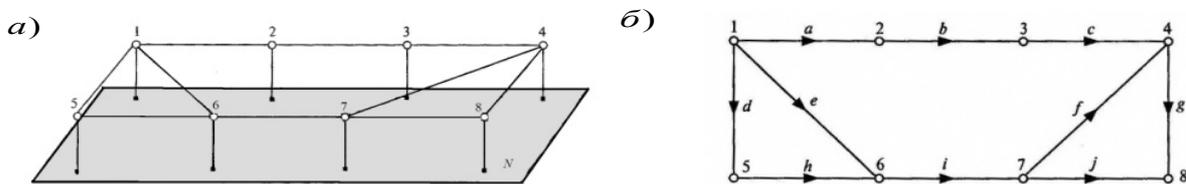


Рис 1. а) – граф сети б) – граф сети без изображения ребер, связанных с нейтральной плоскостью

Или решить обратную задачу, задавая желаемое напряжение в узлах модели энергосистемы, получить значение мощностей нагрузок и генерации в узлах. Применение теории графов позволяет более наглядно представить

потокораспределение в СЭС, повысить точность расчетов и вычислить начальные условия для расчета модели, не теряя при этом физический смысл при ее математической интерпретации.

УДК 621.313.027.3.001.4

О ПРИМЕНЕНИИ ИСКРОВЫХ МОДУЛЕЙ В ОГРАНИЧИТЕЛЯХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

А.Д. МИННУБАЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Т.В. ЛОПУХОВА

Ограничители перенапряжения (ОПН) относятся к высоковольтным аппаратам, предназначенным для защиты изоляции электрооборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Задачи использования ограничителей с искровыми модулями в ООО «Севзаппром» решали совместно со специалистами испытательного центра НИЦ-26, Санкт-Петербургского государственного политехнического университета и ВЭИ им. В.И. Ленина.

В результате был разработан искровой модуль, позволяющий комплектовать на классы напряжений от 110 до 750 кВ модифицированные ОПН, которые имеют пониженный уровень ограничения по сравнению с аналогичными аппаратами отечественных и зарубежных производителей. Как утверждают специалисты, искровой модуль дает возможность снизить уровень ограничения до 20 %, по сравнению со стандартными аппаратами путем шунтирования части нелинейного резистора ОПН при достижении заданного уровня напряжения на аппарате. Ограничитель перенапряжения состоит из колонки последовательно соединенных высоконелинейных сопротивлений. Части этих сопротивлений параллельно включаются в коммутирующие элементы, и их число определяется необходимым параметром дополнительного снижения уровня ограничения напряжения.

Большинство крупных фирм производителей электротехнической продукции при разработке и выпуске ОПН используют те же конструкторские решения, технологии и дизайн, что и для производства других электроустановочных изделий. Это касается габаритных размеров, материала корпуса, применяемых технических решений для установки изделия в электроустановку потребителя, внешнего вида и других параметров. В настоящее время ИП для разрядников РВМГ и РВМК в России не производятся. По мнению ученых, ИП старого типа не способны

коммутировать грозовые импульсы тока с амплитудой 100 кА. В связи с этим потребовалась разработка новых, лишенных отмеченных недостатков ИП. В них используются современные полимерные материалы, в электродах применяется специальная латунь с большим содержанием цинка. Для более качественной настройки ИП и стабилизации их разрядных характеристик разработчиками была изменена форма электродов.

УДК 621.316

РАБОТА СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ В СИСТЕМАХ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

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

На промышленных подстанциях нефте- и газоперекачивающих производств в качестве приводов насосов применяют синхронные двигатели с бесщеточными системами возбуждения, питание которых обеспечивается от той же сети, что и питание самого двигателя. Поэтому напряжение на обмотке возбуждения двигателя во время переходных процессов, связанных с короткими замыканиями во внешней сети, нельзя считать строго установившимся, что, естественно, влияет на работу двигателя после восстановления питания, а именно – на его самозапуск и ресинхронизацию.

В соответствии со сказанным, для выяснения закона изменения выпрямленного напряжения была составлена модель внешнего электроснабжения, которая включает унифицированную схему (рис. 1) и ее параметры замещения. Были определены виды коротких замыканий, которые в большей степени сказываются на выпрямленном напряжении (точки К1 и К2 на рис.1). Для соответствующих видов коротких замыканий были определены законы изменения выпрямленного напряжения, которые имеют следующий вид:

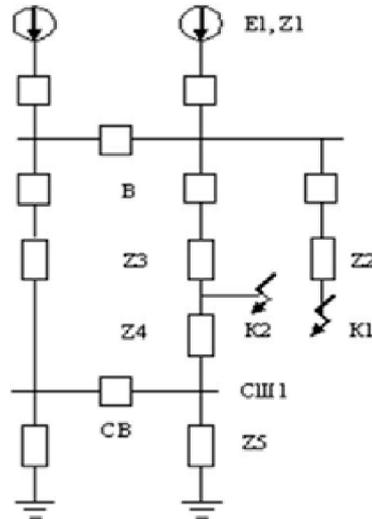


Рис. 1. Схема внешнего электроснабжения

$$Ud_1(t) = A_1 + B_1 e^{-t/T^1} \quad (1)$$

$$Ud_2(t) = B_2 e^{-t/T^2} \quad (2)$$

Выражение (1) соответствует выпрямленному напряжению при коротком замыкании в точке К1, а выражение (2) в точке К2. Коэффициенты A_1, B_1, B_2 и постоянные времени T^1, T^2 в выражениях (1) и (2) зависят от параметров схемы (рис.1).

Данные выражения могут быть использованы для анализа режимов работы синхронных машин с бесщеточными и статическими системами возбуждения при переходных процессах в системе внешнего электроснабжения.

УДК 621.311.026

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

Т.И. МУРСАЛИМОВ, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. О.А. МАСТЕРОВА

Статические тиристорные компенсаторы (СТК) предназначены для оптимизации режимов работы электрических сетей с целью повышения пропускной способности и устойчивости линий электропередачи, стабилизации напряжения в узлах нагрузки.

В работе был проведен анализ того, как влияет установка СТК в различных участках воздушной линии на ее пропускную способность. Исследования проводились на модели простейшей энергосистемы, представленной на рис. 1. Воздушная линия (ВЛ) 500 кВ разбита на 4 участка по 100 км каждый. Все расчеты проводились в ПК Mustang. В ходе эксперимента СТК были поочередно подключены в 1, 2 и 3 точках ВЛ.

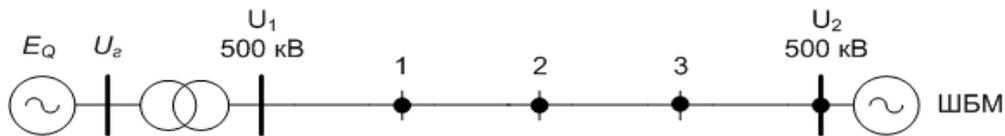


Рис. 1. Исследуемая схема

В результате проделанных расчетов были выявлены зависимости пределов передаваемой мощности от места установки и мощности СТК (рис. 2).

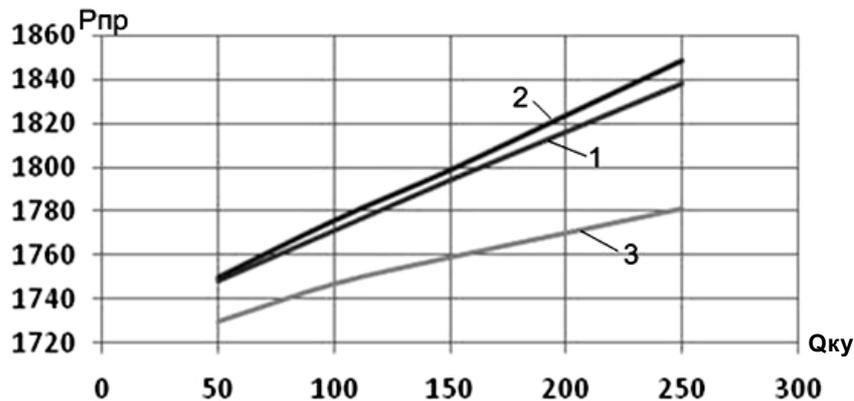


Рис. 2. Пределы передаваемой мощности в зависимости от мощности СТК при установке его 1— в точке 1; 2— в точке 2; в точке 3

В ходе анализа полученных результатов было выявлено, что установка СТК в середине линии дает возможность получить наибольший предел передаваемой мощности по электропередаче.

УДК 621.311

**АНАЛИЗ ВЫПОЛНЯЕМОСТИ КРИТЕРИЯ N-2 ДЛЯ АЭС И N-1
ДЛЯ ТЭС И ГЭС РОССИИ**

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

Конкретными задачами проведенной работы в рамках исследования режимной надежности являлось:

1. Определение выполняемости критерия N-1 для схем выдачи мощности ГЭС, ТЭС и N-2 – для АЭС с учетом обеспечения требуемого уровня запаса статической устойчивости по передаваемой активной мощности для контролируемых сечений сети, по напряжениям в ее узлах и допустимым токовым перегрузкам ЛЭП и автотрансформаторов.

2. Оценка затрат, связанных с переходом на обязательное выполнение критерия N-1 для ТЭС и ГЭС, N-2 для АЭС.

Расчеты проводились для расчетной схемы ЕЭС России, составленной в соответствии со «Схемой и программой развития Единой энергетической системы России на 2011–2016 гг.» с использованием программного комплекса по расчету статической устойчивости, разработанного в ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», а также с помощью программы Rastr.

При анализе апериодической статической устойчивости рассматривался вопрос о предельных мощностях, которые могут быть переданы от электростанции в сеть в нормальном и послеаварийном режимах.

Результаты расчетов показали, что для существующих схем выдачи мощности станций критерий N-2 не выполняется для 4 АЭС, а критерий N-1 не выполняется для 2-х ТЭС и 5-и ГЭС из рассмотренного числа электростанций России.

Для удовлетворения критерия N-2 для схем выдачи мощности АЭС потребуется дополнительное сетевое строительство, затраты на которое могут быть оценены величиной 716 млн. долл. США (в ценах 2008 г.).

Для удовлетворения критерия N-1 для схем выдачи мощности рассмотренных ТЭС и ГЭС потребуется дополнительное сетевое строительство, затраты на которое могут быть оценены величиной 721 млн долл. США (в ценах 2008 г.).

УДК 621.316.027.3.001.4

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБМОТКИ ВЫСОКОГО
НАПРЯЖЕНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТРДН-25000/110**

И.Н. НАЗАРЬЕВ, Р.Г. ИЛЬДАРХАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.Е. УСАЧЁВ

Диагностика силовых трансформаторов по методу низковольтных импульсов широко применяется в практике работы электрических систем. Однако, на текущем этапе развития частотного анализа (МЧА) существует ряд нерешенных проблем, создающих трудности в определении состояния обмоток силовых трансформаторов (СТ) с помощью данного метода.

1. Невозможность определения вида повреждения обмотки СТ (межвитковое короткое замыкание, деформация обмоток и т.п.).

2. Характеристики СТ, получаемые с помощью МЧА, неудобны для хранения и обработки.

Силовой трансформатор – реактивный элемент с индуктивным характером сопротивления, коэффициент передачи $k(\omega)$ которого зависит от частоты, и имеет сильно изрезанный вид. Обмотка силового трансформатора, по сути, является многочастотным колебательным контуром, состоящим из активных, индуктивных и емкостных элементов. Частотные характеристики СТ несут в себе информацию о свойствах этого колебательного контура. Следовательно, можно соотнести параметры частотных характеристик с параметрами обмотки СТ.

В работе сообщается о математической модели обмотки высокого напряжения (ВН) трансформатора ТРДН-25000/110. Модель была создана в программной среде Multisim, основываясь на теоретических расчетах и результатах реальных испытаний. Были сделаны выводы о влиянии различных дефектов в обмотке низкого напряжения СТ на передаточную функцию.

УДК 620.9 (675.97)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ
И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ И ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БУРУНДИ

М. НДАЙИЗЕЙЕ, КГЭУ, г. Казань

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

Для решения региональных и муниципальных проблем обеспечения достаточности, надежности и качества электроснабжения потребителей в Республике Бурунди, исходя от того, что отсутствуют полезные ископаемые для эксплуатации традиционных станций, следует в первую очередь рассматривать возможности развития совмещенных гидростанций и гидроаккумулирующих станций (ГЭС и ГАЭС). При этом необходимо учитывать следующие особенности местных условий:

- основной период половодья реки приходится на сезон больших дождей с сентября до мая (зима);

- в период летнего маловодья с июня до сентября сток сокращается в 10 раз по сравнению с сезоном больших дождей.

В результате наблюдается сезонное совпадение максимума потребления электроэнергии в зимний период с возможностями ее производства на ГЭС в зимнем периоде и совпадение минимума потребления электроэнергии при минимуме производства в летний период.

В зависимости от данных потенциалов рек, предполагается использовать существующие гидроресурсы и строить на них ГЭС и ГАЭС в одном русле реки так, что бы водохранилище одной из ГЭС было одновременно верхнем бассейном ГАЭС и водохранилище другой ГЭС было нижним бассейном ГАЭС. Такая схема позволит регулировать суточный и недельный графики потребления электроэнергии. Также предполагается использовать существующие канализации воды или создавать новые, не оказывающие влияния на окружающую среду.

УДК 621.311.17:621.313; 621.311.4

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ**

Т.В. ОБЛИВАЛЬНАЯ, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.М. КОСМИНИНА

В настоящее время одной из наиболее важных проблем энергетики является обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей. Согласно статистическим данным большое количество энергетических объектов оснащено устаревшим оборудованием, которое имеет сравнительно низкие эксплуатационные характеристики, что, безусловно, оказывает непосредственное влияние на надежность и качество электроснабжения.

Целью работы является разработка методики анализа технического оснащения электрической части энергетических объектов.

Первоначально предлагается изучение технической документации на используемое оборудование конкретного объекта. Затем необходимо сравнить эксплуатационные характеристики и показатели установок с нормативными (директивными), утвержденными соответствующими органами. В случае отклонения от действующих норм необходимо изучить оборудование аналогичного назначения, выпускаемое промышленностью на то же номинальное напряжение, ток и другие режимные параметры. При этом используются специальные виды технической литературы, источники, такие, как «Указатель: каталоги и справочники по электротехнике на 01.01.2009.», промышленные каталоги; специализированные сайты – <http://www.szp.spb.ru>; нормы технологического проектирования – «Стандарт организации. Схемы принципиальные электрические РУ ПС 35–750 кВ. Типовые решения». И предложить ряд вариантов замены действующего оборудования.

По такой методике был проведен анализ технического оснащения подстанции 35/6 кВ Кузбасской энергосистемы в городе Киселевске. В качестве примера была рассмотрена данная подстанция, так как во время прохождения летней производственной практики на предприятии ОАО «Знамя», занимающемся ее обслуживанием, был предоставлен полный доступ к оборудованию подстанции, его паспортным данным и техническим требованиям.

УДК 621.313

КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРОВ ГЕНЕРАТОРОВ ИЗМЕРЕНИЕМ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

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

Надежное электроснабжение потребителей всех категорий является приоритетной задачей энергетики. Важнейшие элементы энергосистемы – это гидро- и турбогенераторы и их надежная и безаварийная работа, является основой статической и динамической устойчивости энергосистемы. В настоящее время большинство турбогенераторов, находящихся на территории РФ, эксплуатируются уже более 30 лет, что превышает срок, установленный ГОСТ-533-2000. Задача обнаружения дефектов элементов турбогенераторов на ранней стадии является актуальной. Сегодня существует множество методов контроля состояния генераторов, среди которых важную роль играет диагностика статорной изоляции методом измерения частичных разрядов в режиме on-line.

Работа посвящена экспериментальным исследованиям генераторов энергосистемы «Татэнерго». На сегодняшний день в РТ системы контроля частичных разрядов установлены на всех турбогенераторах Заинской ГРЭС, а также на некоторых генераторах Казанской ТЭЦ-2, Казанской ТЭЦ-3. Контроль активности частичных разрядов на каждом генераторе выполняется периодически один раз в шесть месяцев при помощи прибора TGA-BP согласно методике IEEE 1434-2000. На основании полученных экспериментальных данных, включающих информацию о полярности, амплитуде, периодичности ЧР, делается заключение о состоянии изоляции. Согласно методике интерпретации ЧР, анализируя полярность импульсов, можно распознать, где именно в толще тела изоляции находится источник разрядов. Подобный анализ результатов измерения ЧР позволяет выявить следующие дефекты: нарушение полупроводящего пазового покрытия, нарушение полупроводящего покрытия в лобовой части обмоток, отслоение изоляции от проводниковой части обмотки, расслоение изоляции, вибрация обмотки в пазах, истирание изоляции и пр.

УДК 621.31

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ

И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ПОДСТАНЦИИ «КИНДЕРИ-500 кВ»

А.Н. ПОДРЕЗОВ, КГЭУ, г. Казань.

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

Известно, что энергетическое оборудование, в частности, линии электропередач, сети питания, силовые трансформаторы, силовые распределительные пункты создают ЭМП промышленной частоты, пагубно влияющие на биологические объекты.

Целью моей работы является проведение качественного и количественного анализа влияния электрических и магнитных полей промышленной частоты вблизи электроэнергетических объектов.

Задачи:

1. Анализ методов расчета электрических полей и средств современных приборов измерения напряженностей электромагнитных полей.
2. Проведение экспериментальных исследований по измерению электромагнитных полей электроустановок подстанции «Киндери-500 кВ» ОАО «Татэнерго», близлежащего поселения, ЛЭП 110, 220 кВ.
3. Анализ полученных экспериментальных данных.

Предельное значение величины магнитного поля для населения в настоящее время не нормируется, хотя оно представляет несомненную опасность для населения, проживающего около подстанции.

Проведенный мной ряд исследований показал, что размеры санитарно-защитной зоны, установленные для подстанции «Киндери-500 кВ», не отвечают требованиям безопасности от воздействия электромагнитных полей. Планируется провести несколько измерений в ночное время суток при минимальной нагрузке, а также при высоком уровне снежного покрова.

ВЛИЯНИЕ МАСЛА НА ОЦЕНКУ СТЕПЕНИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ БУМАЖНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

А.Х. САБИТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Оценка остаточного срока службы бумажной изоляции трансформаторов становится необходимым условием при принятии решений о дальнейшей эксплуатации трансформаторов. Поскольку износ трансформаторного оборудования в энергосистеме страны составляет более 50 %, возникает необходимость разработки новых методов, для осуществления экспресс диагностики бумажной изоляции трансформаторов в режиме реального времени, и способных работать в разрабатываемой системе ОАО «ФСК ЕЭС» «интеллектуальные сети».

Были отобраны образцы бумажной изоляции трансформаторов, эксплуатируемых в электрических сетях Республики Татарстан, срок эксплуатации которых превышал установленный срок службы: 25 лет и проведены ряд исследований. Установлена зависимость координат цветности от степени полимеризации бумажной изоляции трансформаторов, а также определено влияние координат цветности масла на оценку координат цветности бумажной изоляции. Следует отметить то, что при разработке нового метода диагностики трансформаторного оборудования оценка влияния масла является неотъемлемой процедурой при установлении остаточного срока службы бумажной изоляции трансформаторов.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ НА РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ SIMULINK

Р.В. СЕРГЕЕВ, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.А. МАСТЕРОВА

FACTS технология (Flexible Alternating Current Transmission System – управляемые (гибкие) системы передачи переменного тока) является одной из наиболее перспективных электросетевых технологий, суть которой состоит в том, что электрическая сеть из пассивного устройства транспорта электроэнергии превращается в устройство, активно участвующее в

управлении режимами работы электрических сетей. В настоящее время актуальным является анализ возможностей различных устройств FACTS в нормальных и аварийных режимах работы электропередачи.

В данной работе проведен анализ влияния СТК, как элемента FACTS устройства на режим работы линии при подключении в середине ВЛ 500 кВ длиной 740 км, для схемы, представленной на рис. 1.

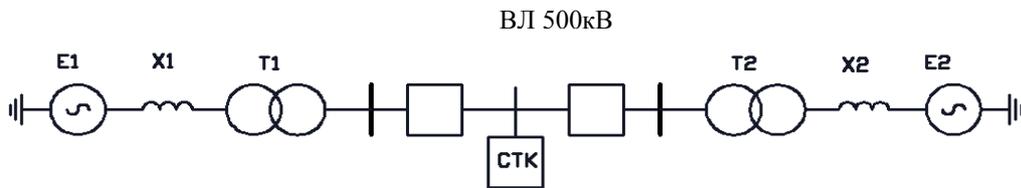


Рис. 1. Исследуемая схема

Для решения поставленной задачи моделирование было проведено в операционной среде SIMULINK.

Анализ влияния СТК проведен по следующим параметрам:

- уровень стабилизации напряжения в точке подключения;
- пропускная способность линии;
- влияние на переходный процесс в аварийных режимах.

По результатам исследований можно сделать выводы о использовании СТК:

- увеличивает напряжение в точке подключения до номинального значения, позволяет стабилизировать напряжение в соседних узлах;
- увеличивает пропускную способность линии;
- позволяет сохранять устойчивость системы при однофазных и трехфазных коротких замыканиях.

УДК 621.311.4

ПРЕИМУЩЕСТВА ЗАМЕНЫ ВЕНТИЛЬНЫХ РАЗРЯДНИКОВ НА ОГРАНИЧИТЕЛЯХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ПОДСТАНЦИИ 110/10 кВ

Л.Р. ТИМИРГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Электрическое оборудование может оказаться под повышенным напряжением при грозе и коммутации электрических сетей. Для ограничения

перенапряжений применяют вентильные разрядники и ограничители перенапряжений. Усовершенствованные свойства ОПН в отличие от вентильных разрядников снижают риск повреждения и выхода из строя трансформаторов тока, выключателей, разъединителей и другого подстанционного оборудования. Высоко-нелинейная вольтамперная характеристика резисторов позволяет длительно находиться под действием рабочего напряжения, обеспечивая при этом глубокий уровень защиты от перенапряжений, чего не скажешь о вентильных разрядниках.

По сравнению с вентильными разрядниками ограничители перенапряжений имеют следующие преимущества: глубокий уровень ограничения для всех видов волн перенапряжений, сопровождающего тока после затухания волны; отсутствие перенапряжения; простота конструкции и высокая надёжность в эксплуатации; стабильность характеристики варисторов после неоднократного срабатывания вплоть до окончания указанного времени эксплуатации; способность к рассеиванию больших энергий; непрерывное подключение к защищаемой сети; стойкость к атмосферным загрязнениям; малые габариты, вес и стоимость.

Высокая механическая прочность и малая масса ОПН позволяет устанавливать их не только на подстанциях, но и непосредственно на линиях электропередач (ЛЭП) без усиления конструкции опор. При этом появляется возможность ограничения грозовых перенапряжений на отдельные опоры высоковольтных сетей. Например, на изолирующей подвеске переходов через водные препятствия большой ширины, на пересечениях двух линий, когда приходится применять опоры увеличенной высоты, либо в случаях, когда сопротивление заземления отдельных опор имеет повышенное значение по сравнению с другими опорами (скалистый грунт, песок и т.д.).

УДК 621.3.064.31

КОММУТАЦИЯ БАТАРЕИ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ 110 кВ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ С ТРЕХПОЛЮСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ОДНИМ ПРИВОДОМ

Д.А. ТИХОНЧУК, УГАТУ, г. Уфа

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

Батареи статических конденсаторов (БСК) используются для компенсации реактивной мощности в сети.

При компенсации пик зарядного тока может в 30 раз превышать номинальный ток конденсатора, а при многоступенчатой компенсации броски пускового тока могут достигать величин, в 130 раз выше номинальных значений. Выбор выключателя в цепи БСК определяется по режиму повторного зажигания дуги в выключателе, когда между контактами выключателя может возникнуть удвоенное напряжение – напряжение заряда конденсатора с одной стороны и напряжение в сети в противофазе с другой стороны. Важно, чтобы аппарат, коммутирующий БСК, смог выдержать перегрузку или минимизировать вредные последствия переходных процессов при включении и отключении.

В связи с этим, для выключателей БСК предпочтительно применять синхронизатор, обеспечивающий управляемую коммутацию, чтобы отлавливать момент перехода напряжения через ноль. В этот момент следует производить коммутацию полюсов выключателя, управляемого одним приводом, с заданной разновременностью, которая задается специальной механической регулировкой. Установлено, что для конденсаторной батареи с заземленной нейтралью три полюса должны коммутироваться с разностью по времени в $1/6$ периода (3,33 мс при 50 Гц, или 2,8 мс при 60 Гц); первый полюс коммутируется при нулевом напряжении. Для конденсаторной батареи с незаземленной нейтралью два полюса должны коммутироваться одновременно при нулевом значении напряжения, а последний — на $1/4$ периода позже (5 мс при 50 Гц или 4,2 мс при 60 Гц).

Необходимо использовать выключатели, имеющие стабильное время срабатывания, которое изменяется лишь в незначительной степени в зависимости от температуры окружающей среды и управляющего напряжения, а также учитывать задержку командного сигнала.

С экономической точки зрения механическое задание разновременности коммутации полюсов выключателя с одним приводом выгоднее по сравнению с приобретением выключателя с тремя приводами.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЛИСТОВ АКТИВНОЙ СТАЛИ СТАТОРОВ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

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

При эксплуатации крупных турбогенераторов часто встречаются случаи нарушения изоляции между листами электротехнической стали сердечника статора. Так как листы накоротко соединены (электрически) со стороны ярма статора стяжными призмами, то их замыкание ведет к возникновению контура, по которому протекают токи под действием ЭДС, наведенной основным магнитным потоком, что приводит к тепловыделению в месте дефекта. При достаточно развитом дефекте возможно повреждение обмотки или оплавление активной стали – «пожар железа».

Основные причины замыкания листов активной стали:

1. нарушение технологии изготовления;
2. забоины и зашлифовки, возникшие при ремонте;
3. разрушение межлистовой изоляции при вибрации листов;
4. тепловое старение лакового слоя листов;
5. оплавление активной стали при коротких замыканиях обмотки статора.

Особую опасность представляет собой разрушение изоляционных лаковых пленок из-за вибрации листов распущенных крайних пакетов.

Актуальность темы обусловлена тем, что в эксплуатации находится большое количество турбогенераторов с близким к расчетному или выработавших расчетный срок службы.

В связи с этим, в условиях старения парка эксплуатируемых турбогенераторов, актуальными становятся задачи совершенствования методов контроля состояния изоляции листов активной стали статоров турбогенераторов и разработки эффективного подхода к решению задач диагностики, обеспечивающего своевременное и достоверное выявление дефектов изоляции листов активной стали, а также оценку степени их опасности. Для этого требуется подробное исследование в ней физических процессов и факторов, вызывающих повреждения.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЗАМКНУТОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Г.В. ЧЕКАН, ИГЭУ, г. Иваново

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

В настоящее время актуальна оценка надежности различных объектов электроэнергетики. Для этого предлагается использовать Инженерную методику определения показателей надежности на основе теории Марковских процессов. Распределительные районные сети с номинальным напряжением 35 кВ и ниже, как правило, имеют не самую высокую надежность. Это обусловлено отсутствием или достаточно малым количеством питающихся от них ответственных потребителей электроэнергии. Особое место среди них занимают замкнутые сети, их надежность должна быть несколько выше, поэтому именно такая сеть была выбрана в качестве объекта исследования.

Была рассмотрена замкнутая распределительная районная сеть с номинальным напряжением 35 кВ. Данная сеть расположена в Ильинском районе Ивановской области и включает в себя четыре подстанции: Аньково, Игрищи, Северная и Крапивново, объединенные замкнутой сетью воздушных линий электропередачи.

Был проведен расчет показателей надежности данной сети, с использованием предложенной ранее методики, реализованной на базе программного комплекса MathCAD, и были получены следующие далее результаты.

Работоспособное состояние всей рассмотренной сети:

$$K_T = 0,999754253.$$

Вероятность отказа данной сети:

$$Q = 1 - K_T = 1 - 0,999754253 = 0,000245747.$$

Среднее время наработки до первого отказа для рассмотренной сети:

$$T_{\text{ср}} = 1,738 \text{ года.}$$

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Замкнутая районная сеть обладает достаточно высоким уровнем надежности.
2. Предложенная методика определения показателей надежности эффективна и легко реализуется на ЭВМ.

МОНИТОРИНГ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 10 кВ

Е.А. ЧУРКИН, ТГУ, г. Тольятти

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

Кабельные сети 10 кВ являются одними из самых протяжённых с наиболее тяжелым режимом работы электрооборудования. Поэтому от надежности их работы в значительной мере зависит безаварийность электроснабжения потребителей и эксплуатационная гибкость функционирования энергосистемы в целом, что особенно актуально в условиях постоянно ухудшающегося технического состояния сетей из-за сильной изношенности изоляции.

Использование в России методов контроля изоляции, предусмотренных РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования» как обязательных, не обеспечивает своевременного обнаружения дефектов в изоляции кабелей, способных привести к аварийно-опасной ситуации. Основными причинами являются довольно продолжительные периоды между испытаниями кабелей и воздействие на изоляцию повышенным напряжением. Поэтому актуальной задачей становится осуществление постоянной диагностики кабельных сетей по средствам мониторинга.

В работе рассмотрены способы технической организации мониторинга кабелей 10 кВ, используемые методы реализации диагностики состояния изоляции и проблемы применения мониторинга в эксплуатации.

УДК 621.313

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

А.Ф. ШАЙБЕКОВ, В.В. СЕМЕНОВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ

В последнее время повысился интерес инженеров и исследователей к асинхронизированным (АС) машинам, которые представляют собой электромеханический комплекс, состоящий из электрической машины, возбуждателя и автоматического регулятора возбуждения.

В отличие от АГ и СГ, наиболее полно требованиям режимов работы в ветроэнергетических установках (ВЭУ) отвечают асинхронизированные синхронные генераторы (АСГ), так как преимущества АС-генераторов достигаются за счет применения новой конструкции ротора, который

содержит не одну, как в синхронных, а две и более обмотки возбуждения, сдвинутые по окружности ротора друг относительно друга на 90 эл. градусов, и специальной системы автоматического регулирования возбуждения.

Развития ветроэнергетики приносит обществу огромную пользу: возможность независимого энергоснабжения; эффективное производство электроэнергии в локальной сети энергоснабжения, которая характеризуется меньшими энергопотерями; сокращение выбросов вредных веществ вследствие снижения использования органических видов топлива для получения энергии; возможность получения доходов от использования крупных ветроэлектростанций и отдельных ВЭУ.

Применение АСГ позволит решать ряд задач, которые не под силу СГ и АГ. Возможность регулирования фазы поля возбуждения в широких пределах в АСГ дает возможность почти полностью демпфировать колебания, вызываемые переменным характером изменения скорости ветра.

В ходе исследовательской работы выполнено моделирование АСГ на базе синхронного двигателя с трехфазным ротором. Проведена серия научных экспериментов по моделированию режимов работы и снятию внешних характеристик машины.

Разработана компьютерная модель в пакете MatLab/Simulink, которая позволяет производить исследования статических и динамических режимов работы исследуемой ветроэнергетической установки, обусловленных изменением ее параметров и структуры при различном характере нагрузки и частоты вращения ветроколеса приводного двигателя.

УДК 621.310.9

УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Н.И. ШАЙХУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Ш. БИКБОВ

В последние годы в условиях значительного роста производства и развития инфраструктуры, как в городах, так и в сельской местности возникает проблема с потерей электроэнергии, одной из причин которых является существенное увеличение потребления реактивной мощности.

В своей работе я занимаюсь исследованием влияния реактивной мощности на потери электроэнергии, а также определением дефицитных по

реактивной мощности «микрорайонов» энергосистемы и мероприятий для снижения дефицита РМ.

После отмены приказом Минэнерго России от 10.01.2000 г. № 2 «Правил пользования электрической и тепловой энергией» потребители электрической энергии перестали участвовать в поддержании коэффициента мощности и компенсации реактивной мощности на шинах нагрузок.

Доля реактивной мощности при загрузке линий электропередачи в настоящее время оценивается в диапазоне 20–80 % от активной мощности.

При невыполнении определенных условий это приводит к возрастанию потоков реактивной мощности в линиях электропередачи и значительному росту потерь электроэнергии в электрических сетях, возникновению дефицита реактивной мощности в узлах нагрузки. Эти ситуации приводят к снижению напряжения на шинах подстанций, увеличению допустимых значений токов полной нагрузки линий электропередачи и трансформаторных подстанций, и ограничению их пропускной способности по активной мощности из-за необоснованной их загрузки реактивной мощностью.

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

Таким образом, основными путями решения этих проблем являются:

- проведение анализа режима работы электросетей ОАО «Татэнерго» в целях выявления узлов, участков сети с повышенным потреблением реактивной мощности;
- установка в сети предприятия источников реактивной мощности;
- управление потоками реактивной мощности и напряжением.

УДК 620.9.688

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НАМИБИИ

Ф. ШАНЬЯТА, КГЭУ, г. Казань

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

Энергия от солнца в форме солнечного излучения поддерживает всю жизнь на земле через фотосинтез, она бесплотная и чистая. Солнечная

энергия универсальна с точки зрения возможностей ее использования человеком для своих нужд. Солнечное излучение может быть относительно легко преобразовано в тепловую, механическую и электрическую энергии и в другие виды энергии.

Настоящее время в Намибии имеются четыре электростанции, общей мощностью 387 МВт (Риассана ГЭС мощностью 240 МВт, Van EK–тепловая электростанция мощностью 120 МВт, 3 и 24 МВт–дизельные электростанции). Общая мощность из этих станций составляет примерно 32 % общей мощности в стране, то есть Намибия импортирует 68 % своей электрической энергии в основном из ЮРА. В случае Намибии развитие энергосистемы страны – весьма актуальная задача, поэтому основной целью этого тезиса является анализ возможностей построения крупномасштабных солнечных электроустановок на территории Намибии. В работе приведен анализ характеристики солнечной радиации по территории Намибия. Показано, что Намибия получает один из самых высоких солнечных радиаций в мире, в усредненном значении приблизительно равный 3300 часов солнечного освещения в год с ежегодным средним значением солнечной радиации 2300 кВт·ч/м². На основании анализа выполнен расчет средней годовой мощности, вырабатываемой солнечной башней. Результаты расчета показали, что солнечная башня высотой 1,5 км и площадью коллектора 37 км² вырабатывает среднюю годовую мощность 400 МВт в условии Намибии и это показывает что солнечная энергетика имеет большую перспективу в Республике Намибия.

УДК 621.313

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ВЫБОРУ НОМИНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ф.Ф. ЯППАРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

На сегодняшний день на самом высоком государственном уровне особое внимание уделяется вопросам энергосбережения. Известно, что потребление большей части генерируемой в стране электроэнергии приходится на асинхронные двигатели (АД), и в связи с этим, правильный выбор типа и мощности электродвигателей является важным фактором в области энергосбережения.

Одним из основных требований к двигателю является надежность его работы при минимуме капитальных затрат и эксплуатационных издержек. Это требование может быть удовлетворено лишь при выборе двигателя соответствующей мощности. Применение двигателя завышенной мощности влечет за собой неоправданное повышение капитальных вложений, снижение КПД и снижение $\cos \varphi$. Применение двигателей недостаточной мощности может привести к нарушению нормальной работы механизма, возникновению аварий и сокращению нормального срока службы двигателя. По мнению многих специалистов, замена недогруженных АД электродвигателями меньшей мощности целесообразна лишь при загрузке АД менее 45 % и нецелесообразна при загрузке более 70 % его номинальной мощности. Если же нагрузка АД находится в пределах 45–70 % номинальной мощности, то должен быть произведен расчет целесообразности такой замены, поскольку при его замене на двигатель меньшей мощности может снизиться КПД двигателя, что приведет к увеличению потерь активной мощности. Если рост потерь активной мощности в АД будет превышать их снижение в электросети, то такая замена недогруженных АД нецелесообразна, и наоборот.

В связи со всем вышеперечисленным, существует потребность в создании программного комплекса для расчетного выбора АД по заранее снятым нагрузочным диаграммам на промышленных механизмах.

Таким образом, создание такого программного обеспечения позволит исключить человеческий фактор при выборе типа и мощности АД; поможет выявить недогруженные или перегруженные АД при различных режимах работы механизма и дать оценку целесообразности их замены.

УДК 621.311

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИКИ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА ДЛЯ УСТАНОВКИ НА КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СТАНЦИЯХ, РАБОТАЮЩИХ ПАРАЛЛЕЛЬНО С ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ

Н.Л. ЗАХАРОВ, В.С. ПЕТРОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.А. ЩЕДРИН

Появление когенерационных установок позволяет разгрузить электрические сети, обеспечить стабильное качество электрической энергии и делает возможным подключение новых потребителей. Наибольший

экономический эффект применения когенерационной станции достигается при ее параллельной работе с внешней энергосистемой. Актуальными проблемами остаются вопросы обеспечения динамической устойчивости генераторов, работающих на систему, при воздействии сильных возмущений. Динамическая устойчивость генератора оценивается с точки зрения сохранения режима выдачи мощности в сеть, в случае внезапных, значительных изменений в цепи электропередачи, например, при отключениях линий, при коротких замыканиях в сети и т.д. Нарушение устойчивости способствует возникновению асинхронного хода генератора.

Автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР) должна выявлять возникновение асинхронного хода (АХ) независимо от причины, вызвавшей этот режим. В настоящее время промышленностью выпускается множество устройств АЛАР, заметно отличающихся друг от друга алгоритмом функционирования, что обуславливает сложность выбора подобных устройств для когенерационных станций.

Селективные устройства АЛАР, выявляющие АХ по факту вхождения годографа сопротивления в область срабатывания, являются традиционно сложно настраиваемыми. Поэтому стоит обратить внимание на устройства АЛАР, моделирующие угол передачи в процессе АХ, для настройки которых требуется задание только параметров защищаемого участка. Существующий аналог на российском рынке позволяет выявить АХ возбуждённого генератора до первого проворота, а также имеется возможность контроля угла вылета ротора генератора в случае внешнего короткого замыкания, когда основной орган АЛАР заблокирован. Подобное устройство наиболее оптимально подошло бы для выявления АХ возбуждённого генератора на когенерационных станциях.

УДК 622.3:65.011.56

ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Д.Ч. ДАМДИНОВА, Е.А. ФЕДОРОВА, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. С.Г. СЛЮСАРЕНКО

Целью создания информационной системы является повышение организованности и управляемости электрических сетей путем перехода на

единую информационную модель электрических сетей и электронную технологию документооборота.

Предметом исследования является процесс начального наполнения и редактирования графической и атрибутивной информации геоинформационной модели воздушной ЛЭП 220 кВ ООО ТМЭС.

Информационная подсистема воздушных ЛЭП 220 кВ в графической части представляет изображения центров всех опор (с точной геодезической привязкой) и пролетов. Изображения этих объектов совмещаются с топографической моделью местности. В качестве базовой модели местности по трассе ЛЭП (шириной 3 км) используются космические снимки. Поскольку снимки имеют различные ракурсы, то при начальном совмещении графических моделей опор и фотографий местности имеют место определенные отклонения расположений опор на снимках и их изображений на основе точной координатной привязки. С помощью специальных функций ГИС космические снимки редактировались так, чтобы изображения центров опор были максимально близки к центрам оснований опор. Немаловажной задачей был и подбор цветовой гаммы изображений космических снимков. В специальных слоях создавались векторные модели дорожной сети гидрологии. Атрибутивное описание опор и пролетов выполнялось в соответствии с нормативными документами по эксплуатации ВЛЭП.

УДК 621.311.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

М.И. ЗЫРЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

Для уяснения целесообразности размещения крупных ветроэнергетических генерирующих комплексов на территории с умеренным ветровым режимом (на примере Республики Татарстан) проведены расчетные исследования объемов месячной, годовой выработки электроэнергии современными ветроэнергетическими установками (ВЭУ).

Проведен анализ средних месячных и средних годовых скоростей ветра на 28 метеостанциях, покрывающих относительно равномерно территорию республики. Произведены уточнения методик расчета выработки электроэнергии ветроэнергетическими станциями (ВЭС), касающиеся возможности более точно учесть климатические факторы, технические

характеристики ВЭУ и схемы размещения их на ВЭС. Важной особенностью современного состояния ветроэнергетики является тот факт, что при проведении исследовательских работ недостаточно учитывать характеристики ВЭУ в общем виде, поэтому был сформирован банк данных современных ВЭУ ведущих мировых производителей ветротурбин (Bonus, Vestas, Nordex, DeWind, NegMicon и др).

Сопоставительный анализ результатов производительности ВЭУ показывает, что для большей части территории Республики Татарстан достижимые значения коэффициента использования номинальной мощности ВЭУ типа DeWind D6 составляют 25–40 %.

Наиболее благоприятные площадки для строительства ВЭС на базе крупных ВЭУ мегаваттного класса находятся в районах размещения метеорологических станций Балтаси, Б. Кайбицы, Вязовые, Дрожанное, Бугульма оп., Чистополь ГМС, Арск, Актаныш, Ново-Шешминск.

Полученные распределения выработки электроэнергии свидетельствуют об энергетической эффективности крупных ВЭС в районах с умеренным ветровым режимом при среднегодовых скоростях ветра 4,8–5,5 м/с, измеренных на высотах 8–10 м.

Результаты исследования позволяют уяснить оптимальные пункты для размещения крупных ветроэнергетических генерирующих комплексов в Республике Татарстан и прогнозировать их эксплуатационные показатели.

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 628.8

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т.А. АБРАРОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

В настоящее время большое распространение получили системы контроля и управления различными технологическими процессами. Наиболее выгодными во всех отношениях являются предупредительно-контролирующие системы.

Данная разработка ориентирована на обеспечение безопасности и заблаговременное предупреждение о потенциальной возможности аварийной

ситуации в реальном режиме времени турбогенераторов промышленного назначения.

Основными причинами выхода из строя электрических машин является их эксплуатация в далеко не лабораторных условиях, и их эксплуатационные характеристики зачастую носят ситуативный характер, не поддающиеся моделированию. Наиболее уязвимым и в то же время ответственным узлом электрической машины является ее обмотка и соответственно изоляция.

В предложенном методе состояние изоляции оценивается по кривой нагрева и охлаждения обмоток. Так как, вследствие испарения влаги изоляция становится более пористой, то это в свою очередь приводит к еще большему влагосодержанию в дальнейшем. Исходя из вышесказанного, целесообразным является анализ реального состояния машины, посредством непрерывного контроля параметров микроклимата, в котором она эксплуатируется. Система состоит из температурного датчика и датчика влажности изоляции (влажность измеряется посредством электрической проводимости). Суть данного подхода состоит в том, чтобы «вести» электрооборудование с момента его пуска в производство. То есть предупредительная возможность данной системы основывается именно на статистике.

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

УДК 621.38

РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМ СИНТЕЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ В ORCAD PSPICE

А.В. АФЗАЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Мы создали прототип пакета расширения «Конструктор аналоговых фильтров», который интегрирован в среду математического программирования MATLAB. Комплект инструментов Конструктора Аналоговых Фильтров (названный КАФ) связывает набор инструментов для разработки аналогового фильтра и анализа под единственным окном GUI. Задав тип фильтра и желательную частоту среза, данный модуль может вычислить полюса и нулевые значения, показать время и частотные характеристики, вычислить значения необходимого резистора и

конденсатора для различной реализации активных схем, показывать формы волны до и после фильтрации во временных и частотных областях и другие полезные функции.

Данный модуль позволяет осуществлять синтез и моделирование активных фильтров, причем пользователь имеет возможность выбрать схемотехническое решение проектируемого фильтра.

В данной работе мы поставили перед собой задачу интеграции этих схем в PSPICE. Для осуществления поставленной задачи мы написали для каждой схемы psrпice-скрипт и провели необходимый анализ для каждого фильтра. Проверили свои результаты, сверив полученные графики АЧХ и расчеты передаточной функции каждого фильтра в PSPICE с данными из программного модуля в MATLAB. Таким образом, пользователь при моделировании фильтра в MATLAB простым нажатием кнопки может перенестись в PSPICE, где будет уже готовый скрипт к данной схеме и все прелести симулирования данного продукта.

Эта работа актуальна тем, что пользователь уже может использовать «Конструктор аналоговых фильтров» при проектировании реальных схем с помощью готовых шаблонов скриптов для каждой схемы в PSPICE.

УДК 621.38

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ НЕБАЛАНСА РОТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р.З. АХМЕТЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **В.В. ШАРОВ**

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

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

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

Чтобы предотвратить такую возможность, необходимо обнаруживать и идентифицировать все потенциально аварийно-опасные дефекты на ранней стадии развития, когда необратимое изменение состояния будет

зафиксировано системой мониторинга. Именно такую задачу можно будет решать с помощью предлагаемой системы контроля и мониторинга, которые для каждого вида дефекта используют свои диагностические признаки, позволяющие своевременно его обнаружить.

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

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

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

УДК 621.82

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

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

Для большого числа электрических машин, работающих на высоких частотах вращения, используются подшипники. Такие машины, как правило, работают продолжительное время в неблагоприятных условиях, и когда их подшипники выходят из строя, стоимость простоя может быть очень высокой.

Повышение надежности оборудования с целью предотвращения аварийных ситуаций и продления срока эксплуатации машин и механизмов в настоящее время является наиболее актуальной проблемой, решение которой возможно не только повышением эксплуатационных свойств оборудования, но и применением дополнительных средств диагностики. Диагностика – это определение внутренних параметров подшипникового узла или их отклонений от нормативных по косвенным признакам без нарушения их

функционирования. В качестве параметров, которые характеризуют техническое состояние подшипникового узла, на практике используются температура, состояние смазки, момент трения, а также виброакустические характеристики.

На практике эффективным методом обнаружения дефектов в подшипниках на очень ранних стадиях является метод виброакустической диагностики, что дает возможность прогнозировать аварийную ситуацию и обоснованно планировать сроки и объем ремонта оборудования. В основе данного метода лежит изучение и установление признаков дефектов технических объектов по виброакустическим параметрам.

Эффективность построения различных принципов распознавания акустических образов дефектных и бездефектных образцов можно увеличить применением специфических методов анализа тонкой структуры виброакустических процессов.

Использование методов виброакустической диагностики электрооборудования в условиях эксплуатации позволяет за счет ликвидации необоснованных переборок, сокращающих ресурсов, продлить срок службы электрооборудования и, за счет экономии рабочего времени и запасных частей, уменьшить стоимость эксплуатации.

УДК 534.6.08

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЭХО-ИМПУЛЬСА С МЕДЛЕННО НАРАСТАЮЩИМ ФРОНТОМ ЕГО ОГИБАЮЩЕЙ

Н.В. ДИЧЕВ, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. А.И. СОЛДАТОВ

Рассматривается метод определения временного положения эхо-импульса с медленно нарастающим фронтом путём выделения огибающей.

Новый алгоритм обработки предусматривает построение огибающей прошедшего эхо-сигнала путем использования длительностей импульсов на выходе компаратора. Информация об амплитудах положительных полупериодов эхо-сигнала содержится в длительностях импульсов на выходе компаратора.

Предложены основные расчетные выражения для использования данного метода.

Для проверки эффективности данного метода были использованы реальные сигналы, полученные на экспериментальной установке в

лаборатории ультразвуковой техники кафедры промышленной и медицинской электроники Томского политехнического университета.

Проведен анализ зависимости погрешности определения временного положения эхо-сигнала от длительности нарастающего фронта огибающей импульса.

Произведено сравнение данного метода с традиционно используемым методом одного компаратора. Экспериментально показано, что абсолютная систематическая погрешность при использовании метода снижается более, чем в 2 раза в зависимости от длительности переднего фронта эхо-импульса.

Предложенный метод может быть использован в современных акустических измерительных устройствах без существенных изменений их аппаратной части.

УДК 519.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА LABVIEW ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛЕНА

Н.В. ЗОЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Целью работы является решение задачи параметрической идентификации модели кинетики реакции окисления этилена с использованием программного пакета LabVIEW.

Известен механизм химической реакции, по которому строится модель ее кинетики, но неизвестны константы скорости химической реакции. Для их определения составляется и решается система дифференциальных уравнений. Модель кинетики химической реакции строится на основе закона действующих масс. Для решения задачи идентификации используются экспериментальные кинетические кривые.

Задача параметрической идентификации модели кинетики химической реакции сводится к поиску таких значений констант, которые обеспечивают минимум выбранного критерия рассогласования. В качестве критерия рассогласования принята сумма квадратов отклонения расчетных и экспериментальных концентраций этилена. С точки зрения математики данная задача двумерной оптимизации, для решения которой используются градиентные методы.

Для решения этой задачи использован пакет LabVIEW. LabVIEW – это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования. LabVIEW используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами.

УДК 681.3:621.396

ПОИСК И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР

И.А. ЗАКИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Во многих задачах научной и инженерной практики возникают проблемы определения внутреннего строения тела дистанционными методами. В частности, если тело имеет многослойную структуру, то при его вращении мы можем измерить только сжатие внешнего слоя, а сжатие внутренних слоев недоступно непосредственному измерению. Эту информацию мы можем получить моделированием процессов сжатия вследствие центробежных и гравитационных процессов, основываясь на уравнении Клеро, являющимся дифференциальным уравнением 2-го порядка, задающем зависимость сжатия от глубины.

Для простейшей модели однородного тела нами было найдено точное аналитическое решение уравнения Клеро. При небольшом усложнении модели введение зависимости плотности тела от глубины – получить решение уравнения Клеро аналитическим способом уже не представляется возможным.

Мы проанализировали ряд методов, описанных в книге «Numerical Recipes in Fortran 77» для решения подобных задач численными методами. В книге приведены исходные модули программ, написанных на языке Fortran 77, с соответствующими комментариями, по которым мы и составляли представление об аналитической и алгоритмической сути методов.

Проведенный нами анализ подводит нас к выводу о возможности применения к решению уравнения Клеро для случая многослойного тела метода Бурлиша-Штера, поскольку уравнение имеет гладкие правые части и не имеет разрывов. Этот метод достаточно компактен и прост в алгоритмизации, по сравнению, например, с методом группы предикт-

корректор. Однако, если наши надежды не оправдаются, то придется осваивать и эту сложную группу численных методов.

УДК 621.176

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЖЕКТИРОВАНИЯ В КОНДЕНСАТОРАХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

А.И. ЗИНКЕВИЧ, КГЭУ, г. Казань

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

При работе пароструйных эжекторов возможны следующие неполадки: повышенное давление присоса из-за недостаточного расхода основного пара при снижении его давления, засорении сопел, отложении солей или срыве в работе сопел; колебания давления всасывания и прерывистый выхлоп паровоздушной смеси из-за недостаточного расхода основного пара при понижении его давления; медленный рост давления на стороне всасывания в результате уменьшения сечения на линии отсоса паровоздушной смеси из-за скопления в ней конденсата.

Данная работа посвящена разработке системы диагностики неисправностей и управления эжекторными устройствами конденсаторов паротурбинных установок. Система предполагает наличие измерительных приборов давления и температуры рабочего пара и эжектируемого потока. Система управления обеспечивает поддержание заданного значения разрежения в конденсаторе паротурбинной установки. Для этой цели устанавливается исполнительный механизм на трубопроводе подачи рабочего пара. Для регулирования режимов работы эжектора можно использовать теорию нечетких множеств. Регулирование степени открытия клапана на паропроводе осуществляется с помощью нечеткого регулятора с отслеживанием давления всаса и скорости его изменения. В качестве входных лингвистических переменных используются отклонения давления и скорости его изменения, а в качестве выходной лингвистической переменной – приращение степени открытия клапана. Для диагностики неисправностей процесса удаления воздуха используется рабочая характеристика эжектора (либо в табличной, либо в аналитической формах). Повышение или понижение давления в приемной камере указывает на неполадки: увеличение присоса воздуха, снижение давления рабочего пара, ухудшение процесса в

конденсаторе и неполадки в эжекторе. Разработан алгоритм, по которому выдается сообщение о соответствующей неполадке.

УДК 621.396.6

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

П.П. КРЫНИЦКИЙ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. СУХАРЕВ

В последнее время очень остро встает проблема обновления парка измерительных приборов. Старые приборы, часто выпущенные еще в СССР, уже давно отслужили свой век и нуждаются в скорейшей замене, но покупка большого числа современных специальных приборов оказывается слишком затратной. Решением этой проблемы может стать концепция использования универсального компьютеризированного измерительного модуля, позволяющая создать множество измерительных приборов с программным управлением при минимальных отличиях в аппаратной части приборов.

В основу концепции положена идея использования схемотехнических решений универсального компьютеризированного измерительного модуля, эквивалентных структурной схеме типового нетбука с низкой производительностью [<http://focus.ti.com/docs/solution/folders/print/581.html>]. При этом себестоимость производства одного универсального измерительного блока минимизируется за счет использования типовых плат и компонент такого нетбука. Конструктивно прибор при этом должен быть оформлен в виде отдельного модуля, внешне мало отличающегося от полностью аппаратного измерительного прибора, но с упором на компьютеризированное управление.

Программное обеспечение такого модуля может быть построено на основе операционной системы Windows или Linux. Сам же измерительный прибор выполняется на основе программного комплекса LabVIEW фирмы National Instruments. Данный программный комплекс позволяет создавать любые виртуальные измерительные приборы с помощью графического языка визуального программирования. LabVIEW позволяет создавать визуально оформленную «панель» для прибора. А после окончания разработки прибор можно сохранить в виде исполняемого модуля.

Аппаратный измерительный прибор формируется из уже разработанных фирмой National Instruments или оригинальных модулей, напрямую использованных при создании программной части прибора.

УДК 621.311

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

И.А. ЛУТОШКИН, КГЭУ, г. Казань

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

Одним из основных и наиболее перспективных методов оценки технического состояния, обеспечивающих оперативный контроль параметров текущего состояния электрического оборудования в процессе эксплуатации без его демонтажа, является объективный метод контроля – виброакустический. Благодаря огромной информационной емкости виброакустических процессов, сопровождающих функционирование машин и механизмов, использованию современной микропроцессорной техники и новых методов обработки измерительной информации, требования обеспечения комплексной оценки технического состояния машинного оборудования в рабочих условиях без демонтажа оборудования выдвигают на передний план именно методы виброакустической диагностики. Физическим носителем информации о состоянии элементов работающего оборудования является виброакустический сигнал – собирательное понятие, включающее информацию о колебательных процессах (вибрационных, гидро- или газодинамических и пр.) в самом механизме и в окружающей среде. Для обнаружения и диагностирования дефектов узлов машинного оборудования виброакустическим методом используют информацию, полученную в различных измерительных точках конструкции машины и вокруг нее, направлениях измерения (вертикальном, горизонтальном и осевом) и участках частотного диапазона (инфразвуковом, звуковом и ультразвуковом). Экономическая целесообразность применения методов виброакустической диагностики в различных отраслях техники обусловлена множеством причин: снижением вероятности непредвиденных аварий с катастрофическими последствиями; ликвидацией или уменьшением количества переборок, сокращающих ресурс оборудования; уменьшением

времени простоев; снижением стоимости техобслуживания и ремонта; экономией запчастей и горюче-смазочных материалов.

УДК 004.383.2:004.946

КОНСОЛИДАЦИЯ СЕРВЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. ВИРТУАЛИЗАЦИЯ

В.С. ЛИХОТКИН, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Н. ИВЛИЕВ

Решения, связанные с виртуализацией, становятся все более популярными на рынке. Многие информационно-технологические (ИТ) организации с различной интенсивностью применяют технологии, позволяющие создавать на ограниченном количестве физических серверов достаточно большое количество виртуальных. Использование виртуальных серверов дает ряд преимуществ:

1. Эффективное использование серверного оборудования. Вместо того, чтобы запускать каждое приложение на отдельном сервере, можно использовать один виртуализированный сервер с несколькими приложениями, что значительно сокращает вложения в аппаратное обеспечение серверов. Стоимость содержания одного большого сервера может быть ниже, чем расходы на содержание монтажной стойки с несколькими устройствами.

2. Отсрочка необходимости расширять физические границы центра обработки данных. Многие ИТ-организации работают на пределе своих физических возможностей, когда центры обработки данных занимают все пространство зданий и используют на полную мощность системы охлаждения и электроснабжения. Дальнейшее добавление серверов невозможно без дорогостоящего расширения или перемещения самих центров обработки данных. Виртуализация позволяет отсрочить эти нежелательные меры и сосредоточить большее количество приложений на уже существующих серверах.

3. Обеспечение отказоустойчивости. Благодаря виртуализации ИТ-организации могут создавать серверы для переноса нагрузки при сбое, тратя на это меньше средств, чем при использовании физических компьютеров. Виртуализация делает экономически оправданным создание дублирующих серверов для бесперебойного функционирования важных сервисов во время обслуживания или резервного копирования данных на основных серверах.

С помощью централизованного управления упрощаются функции управления серверами. Теперь серверы становятся просто файлами, что позволяет приложению не зависеть от оборудования. Подготовка к работе нового приложения занимает всего несколько минут. Один администратор может управлять 50–150 виртуальными машинами.

УДК 681.3

КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ MICROSOFT WINDOWS

А.Л. МОИСЕЕВ, КГЭУ

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

Часто для удобства контроля большего числа параметров их объединяют в одну формулу. При мониторинге и анализе сети необходимо измерять и контролировать большой объем измеряемых данных. Для объективной оценки компьютерной сети удобно использовать один коэффициент, который вбирает в себя все параметры сети. На блок-диаграмме схематично представлены параметры компьютерной сети (рис. 1).

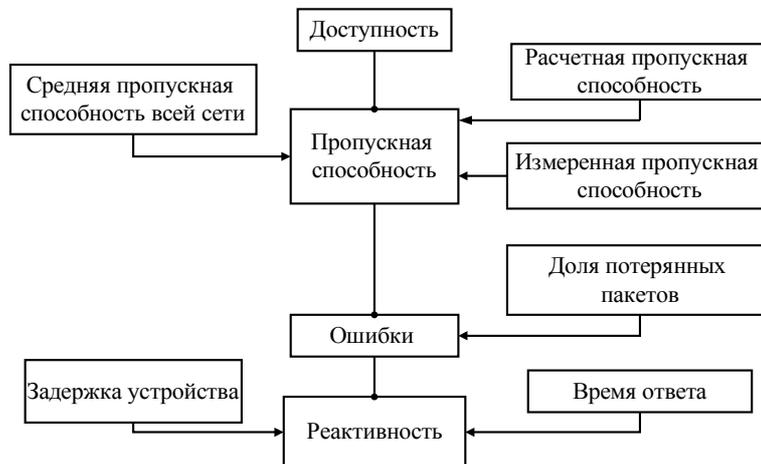


Рис. 1. Блок-диаграмма параметров сети

С помощью такой блок-схемы не сложно составить формулу оценочного коэффициента k .

k – оценочный коэффициент компьютерной сети;

d – доступность отдельного компьютера;

P_s – средняя пропускная способность;

P_{sr} – расчетная пропускная способность;

P_{si} – измеренная пропускная способность (среднее значение);

D_p – доля потерянных пакетов;

t_o – время ответа.

В соответствии с приведенной схемой получаем:

$$K = \frac{d \cdot P_s}{(P_{sr} - P_{si}) \cdot D_p \cdot t_o} \cdot$$

УДК 621.311

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Э.Р. МАРДАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Электрическая сеть, как сложный технический комплекс, относится к многоуровневым иерархическим системам. При оценке надёжности функционирования электрической сети важно различать следующие далее иерархические уровни.

Верхний уровень – электрическая сеть. Средний уровень – электросетевые объекты, фрагменты и узлы электрической сети. Нижний уровень включает в себя электросетевое силовое оборудование, коммутационную аппаратуру.

Поэтому оценки надёжного функционирования электрической сети, подходы и способы их получения могут различаться в зависимости от иерархического уровня.

Для оценки надёжности электрической сети необходимо иметь критерии, на основании которых рассматриваемая на соответствующем иерархическом уровне сеть может быть отнесена к состоянию отказа.

При исследовании свойств электрической сети следует учитывать вероятностную природу её функционирования. Режим работы сети, загрузка её элементов базируются на неопределённости фактических значений генерации и потребления энергии в соответствующих узлах сети. Возникновение технологических нарушений в элементах электрической сети и масштабы их последствий зависят от многих случайных факторов. Поэтому изучение поведения таких комплексов, включая оценки их надёжности, имеют смысл в рамках вероятностных категорий.

Цель данной работы: представить алгоритм комплексной оценки показателей надёжности для разных схем электроснабжения с программной

реализацией последнего. При расчетах показателей надежности в интервалах времени, равных сезону, году вероятностные модели, основанные на средних значениях вероятностей состояния элементов, обеспечивают достаточную точность при выполнении определенных условий.

УДК 517.982:521.17

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУРЬЕ К АНАЛИЗУ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА КОЛЕБАНИЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ТЕЛА

Г.Ф. НИЗАМОВА, КГЭУ, г. Казань

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

При поиске нетрадиционных источников энергии ученые всё большее внимание обращают на наш естественный спутник Луну, на поверхности которой имеется много миллионов тонн изотопа гелия ^3He – высокоэффективное и экологически безопасное горючее. Поэтому в космические проекты многих стран, в том числе и России, заложены программы освоения Луны и размещения на ней обитаемых лунных баз. Эти задачи, в свою очередь, требуют решения навигационных задач в окололунном пространстве и, соответственно, высокоточного описания орбитально-вращательных характеристик Луны.

Большой объем информации о Луне может быть получен из компьютерного моделирования её вращения – физической либрации (ФЛЛ). В представленной работе явление вращения моделируется на основе теории ФЛЛ для различных моделей внутреннего строения и исследуется влияние различных факторов сложной стратиграфии Луны на измеряемые разными методами величины. В нашей работе разности, получаемые при сравнении нескольких моделей, рассматриваются как «остаточные разности» между «квази-измеряемой» величиной параметра и его рассчитанным значением. Предполагается, что остаточные разности несут в себе информацию о процессах внутри небесного тела, чувствительность вращения к которым может быть проявлена только при миллисекундной точности измерений. В этом случае целенаправленный поиск в частотном спектре остаточных разностей позволит определить теоретически предсказываемые гармоники во вращении многослойного тела, вызванные дифференциальным вращением его ядра и мантии.

Данная работа относится к разработкам методов и алгоритмов анализа сигналов. Задача заключается в рассмотрении и исследовании гармонических спектров и гармонической аппроксимации сигналов, формируемых при статистической обработке многочисленного количества звезд при пересечении ими главной оси поля зрения измеряющего телескопа. Разрабатывается применение традиционного способа определения спектров сигналов, основанного на использовании разложения функций в ряды Фурье.

УДК 621.314.212

ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В.В. РУДОЗУБ, КГЭУ, г. Казань

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

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

При проектировании и эксплуатации электрооборудования важно обеспечить его нормальную работу, при этом важную роль играют рабочие жидкости, так как они обеспечивают надежную электроизоляцию и охлаждение, являются средой, в которой работают подвижные и неподвижные элементы оборудования.

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

Эффективность любого метода контроля состояния рабочей жидкости прежде всего зависит от периодичности взятия проб и предохранения проб от дополнительного загрязнения вне системы. Периодичность взятия проб зависит от состояния жидкости. В результате сравнения полученных результатов с накопленными статистическими данными может быть поставлен квалифицированный диагноз о состоянии не только рабочей жидкости, но и об отдельных узлах электрооборудования.

Важной задачей является создание приборов и систем, позволяющих производить контроль над состоянием рабочих жидкостей, а, следовательно, и электрооборудования. Наиболее перспективным является создание автоматических систем контроля с использованием информационных технологий и разработка соответствующего программного обеспечения, например, на основе нейросетевых технологий, позволяющих прогнозировать появление дефектов, сравнивая полученные в ходе проверки данные, с уже имеющимися в базе данных, а также подавать команду на отключение электрооборудования при возникновении критических ситуаций.

УДК 681.5

МОДЕЛЬ МНОГОМЕРНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОКОМПОНЕНТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЭМУЛЬСИИ

А.Е. УРАЗАЕВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Х. ЯСОВЕЕВ

Методы и средства покомпонентного определения расхода нефтегазовой смеси находят применение все в большем количестве технологических процессов, связанных как с добычей нефти, так и с ее подготовкой к транспорту, учетом и переработкой.

Для определения фазового состава и расхода эмульсии предлагается использовать модель, основанную на характеристиках прохождения ультразвуковой волны в исследуемой среде с поправкой на эмпирические коэффициенты в составе зависимости затухания акустического сигнала от обводненности и газосодержания смеси.

В качестве технических средств реализации системы выступает пара датчиков с совмещенными каналами измерения. Первый канал реализуют определение затухания амплитуды полученной волны на частотах колебаний f_0 и f_1 , дискретизированных по времени. Исследовав зависимости изменения постоянной затухания для эмульсий с различными значениями обводненности (W), предложено представить значение коэффициента затухания, формируемым двумя составляющими: $\alpha = \alpha_p \alpha_g$, где α_p – доля постоянной затухания, образованная в результате поглощения ультразвуковой волны газовыми включениями вследствие резонансных явлений, α_g – обводненностью среды и изменением плотности смеси соответственно. На основе данного заключения прохождение ультразвуковой волны в многофазной среде можно свести к системе уравнений, полученных на двух частотах:

$$\begin{cases} A(f_0) = A_0(f_0) e^{-\alpha_0 |W| z(Q_2)}, \\ A(f_1) = A_0(f_1) e^{-\alpha_1 |W| z(Q_2)}. \end{cases}$$

При этом зависимость величины затухания от обводненности имеет практически линейный вид: $\alpha_{ei}(W) = k_i W + b_i$, $i = 1, 2$. Функция зависимости составляющей затухания по частоте определяется как $\alpha_e(Q_2) = c \ln Q_2 + d$. В данных выражениях Q_2 – величина газосодержания. Измерение расхода производится по второму каналу, реализующему доплеровское измерение скорости в основной и боковой точке профиля потока. Расход в участках профиля определяется по средней частоте смещения \bar{f}_d : $G = \frac{Mc \bar{f}_d}{2f_i \cos \theta}$, где c – скорость звука в среде, θ – угол распространения волны.

УДК 621.3:16

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКИХ ГРАФ-СХЕМ

А.Ф. ХАМИТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Процессы, происходящие в электрооборудовании (ЭО), описываются сложными соотношениями и характеризуются величинами, зависящими как от времени, так и от пространственных координат. Однако такое описание является слишком общим и практически неприемлемым при исследовании и анализе сложного ЭО. Необходимые упрощения достигаются путем представления ЭО как цепей с сосредоточенными компонентами. При этом ЭО характеризуется двумя основными показателями: набором элементов и способом их соединения.

Для создания алгоритма диагностирования удобно применить метод построения функционально-логических граф-схем.

ФЛГС называется изображение структуры технической системы, а также функциональных и логических связей между ее элементами в виде ориентированного графа. Она, в основном, предназначена для алгоритмизации процесса логической обработки диагностической информации.

Вершины графа представляют собой изображения элементов системы. Вершины соединяются ребрами, которые представляют собой линии влияния между элементами (функциональные и логические связи).

Логические связи отражают взаимное влияние элементов с точки зрения их нормального или ненормального функционирования, то есть с их помощью можно установить, может ли рассматриваемый элемент, ненормально функционируя, вызвать ненормальное функционирование других элементов или, наоборот, могут ли другие отказавшие элементы вызвать его ненормальное функционирование.

Разделение любой технической системы на множество элементов зависит от уровня детализации, который выбирается таким образом, чтобы обеспечивалось быстрое решение диагностических задач.

Решение диагностических задач с помощью ФЛГС заключается в графическом выделении на ней влияющих областей, областей влияния, их пересечений и, наконец, областей поиска.

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

Суммарное время восстановления работоспособности ОД будет складываться из времени проверки всех элементов, входящих в область поиска и последующей заменой или восстановлением дефектного элемента. Суммарные затраты также будут определяться из всех элементов, входящих в область поиска и материальными затратами на замену или восстановление дефектного элемента.

УДК 004.9:628.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ПРОЦЕССЕ ИХ СЕРТИФИКАЦИИ

Т.А. ЧУВАТКИНА, С.А. ЮРТАЕВА, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Д. БОГАТЫРЕВ;
канд. техн. наук, доц. А.А. ДУБРОВИН

Актуальной задачей в светотехнической промышленности при испытаниях и сертификации источников света (ИС) является определение

достоверных значений их электрических параметров. Современные требования к качеству ИС потребовали разработки и внедрения эффективных методов оценки их параметров. На современном этапе в процессы испытания ИС активно внедряются автоматизированные системы. Особый интерес представляют информационно-измерительные системы (ИИС) с использованием микропроцессоров. ИИС позволяют одновременно решить несколько задач: автоматизировать процесс измерений, автоматически обрабатывать результаты измерений, уменьшить влияния на результаты измерений человеческого фактора. В связи с заменой ламп накаливания энергосберегающими ИС, в частности, компактными люминесцентными лампами с электронными пускорегулирующими устройствами (КЛЭ), острой становится задача автоматизации процессов измерения их параметров.

ИИС на базе микропроцессора КМ1801ВМ3 и стандартного интерфейса МЭК предусматривает необходимое число каналов измерения по числу измеряемых параметров КЛЭ. В каждом канале предусмотрен первичный преобразователь, непосредственно контактирующий с объектом измерений (например, термопара для контроля температуры), вторичные преобразователи (усилители, генераторы стандартных сигналов и т.д.), универсальный электронный ключ (мультиплексор), общий для всех каналов аналого-цифровой преобразователь двойного интегрирования, общий управляющий микропроцессор и устройство отображения информации. Для ИИС был разработан алгоритм решения задач измерений и обработки их результатов, выполнена метрологическая оценка измерительных каналов, даны рекомендации по поверке и калибровке. Применение ИИС при испытаниях КЛЭ и их сертификации позволяет снизить затраты на эти работы и, соответственно, снизить себестоимость КЛЭ, повысить их конкурентоспособность, что особенно важно в преддверии вступления России в ВТО.

УДК 621.311

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р.С. ШИБАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ШАРОВ

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

Предложенная система мониторинга предназначена для непрерывного измерения вибрационных параметров, к которым относятся абсолютные вибрации, обороты вала и линейные перемещения, и их хранения для дальнейшего анализа. Предлагаемая система отличается от аналогов использованием современной базы, исчерпывающим набором измеряемых параметров, высокой точностью. Новизна при решении данной задачи заключается в разработке виртуального прибора для мониторинга основных виброакустических параметров на основе измерительной технологии LABVIEW, что позволяет обеспечивать системами более высокого уровня и осуществлять прием информации от других измерительных систем по любому из стандартных интерфейсов.

Актуальность этой работы заключается в определении технического состояния, в зависимости от чего можно планировать технический ремонт электрических машин. При таком контроле нет необходимости полностью разбирать установку, что позволяет за счет ликвидации необоснованных переборок, сокращающих ресурс, продлевать срок службы электрооборудования и уменьшить стоимость эксплуатации за счет экономии рабочего времени и запасных частей. Практическая значимость представляемой разработки может быть использована для мониторинга виброакустических параметров в электродвигателях, роторах, на ГЭС, АЭС, в газотурбинных установках и т.д.

УДК 681.586.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЗАДАННОЕ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ

А.В. ВОРОНЦОВ, ТГУ, Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.В. ЕРМАКОВ

Современное развитие автоматизированных систем контроля и управления различными технологическими и физическими процессами характеризуется широким использованием первичных средств сбора и обработки информации. При этом измерительный преобразователь является звеном любой информационно–измерительной или управляющей системы и практически полностью определяет её метрологические характеристики. Потерю в точности и достоверности конечного результата, связанную с неудачным применением датчика, не способна восстановить самая совершенная система преобразования информации.

Одной из важнейших задач при проектировании электромагнитного измерительного преобразователя является определение его конструктивных параметров, обеспечивающих требуемые характеристики: в первую очередь, точность датчика.

Вид статической характеристики и, следовательно, точность датчика непосредственно зависит от потокораспределения вдоль оси чувствительности, которое, в свою очередь, обеспечивается выбором соответствующей конфигурации магнитной системы и закона изменения параметров распределенной магнитной системы (РМС). Так как магнитный поток полностью характеризуется двумя независимыми функциями: амплитудой $\Phi_m(x)$ и фазой $\varphi(x)$, то, чтобы получить требуемое потокораспределение, необходимо независимо варьировать, по крайней мере, два переменных параметра. В качестве таких параметров используются зазор между сердечниками магнитопровода $\delta(x)$ и закон распределения обмотки возбуждения $\omega_B(x)$, определяемые из уравнений РМС. Для уменьшения громоздкости выражений для их определения автор разделяет вещественную и мнимую части в зависимости от комплексного магнитного потока и проводит последовательные преобразования.

Упрощенные зависимости удобно использовать в системах автоматического проектирования при разработке датчика с П-образной магнитной системой для получения требуемого потокораспределения и, соответственно, статической характеристики преобразования.

УДК 681.3: 539.3/8 (075)

РАСЧЕТЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

И.Г. КУКЛИНА, ННГАСУ, г. Нижний Новгород

Математики, физики и ученые из других, смежных отраслей науки давно мечтали о математически ориентированном языке программирования для записи алгоритмов решения математических и научно-технических задач в наиболее удобной, компактной и доступной для понимания форме. Серьезная математика интегрированной системы Matcad восхищает прекрасной графикой и удобным пользовательским интерфейсом.

Системы Matcad дают прекрасные средства для подготовки сложных документов практически в любой отрасли технических наук. Отличительной чертой интегрированных математических программ Matcad является подготовка документов, которые объединяют задание исходных данных, математическое описание их обработки и результаты вычислений в виде числовых данных, таблиц и графиков. Вид документа Matcad почти ничем не отличается от вида научной статьи, а возможность передачи изменений числовых данных в формулах по всей цепочке вычислений позволяет унифицировать задачи, предлагаемые к решению. В данной статье описан пример применения системы Matcad для решения задач сопромата, в частности – построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при прямом изгибе балки. Автором разработан метод реализации численных расчетов эпюр-графиков, причем алгоритм решения задач сопротивления материалов описан на естественном математическом языке, а исполнение самих эпюр-графиков в Matcad производится по всем законам науки сопротивления материалов и в нужном масштабе.

Применение компьютеров для расчета усилий и напряжений в балках сводится зачастую к написанию сложных программ, не понятных рядовому пользователю, и задача студента или даже ученого порой сводится к тому, чтобы просто ввести численные значения задачи, не вникая в суть алгоритма программы расчета. Следовательно, при изменении вида нагруженности балки пользователь, не знакомый с принципами программирования, не сможет решить поставленную задачу.

Теория изгиба вообще трудно воспринимается студентами. С целью облегчения их восприятия на занятиях при помощи компьютеров создается атмосфера творческого поиска, внедряются элементы проблемного обучения. Автоматизация получения эпюр при помощи компьютера, в сотни раз повышая скорость получения результата, позволяет будущему инженеру на ряде примеров быстро и четко освоить принципы и правила построения эпюр поперечных усилий и изгибающих моментов.

Имеется одноконсольная двухопорная балка, нагруженная следующим образом:

- двумя сосредоточенными силами $P_1 = 6 \text{ кН}$, $P_2 = 2 \text{ кН}$;

- двумя равномерно распределенными нагрузками $q_1 = 2 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$, $q_2 = 1 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$;
- сосредоточенным моментом $M = 5 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Следует определить величины реакций опор и построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов при помощи универсальной программы математических расчетов Matcad.

Современные версии Matcad позволяют выполнить рисунок балки непосредственно в программе вычислений, но можно нарисовать балку и в Word, а затем скопировать в Matcad. На рис. 1 выполнена схема расчетной балки, реализация ее проводилась в Word.

При прямом поперечном изгибе в поперечных сечениях балки возникают два внутренних силовых фактора: поперечная сила Q_y и изгибающий момент M_x . Зависимости между этими внутренними силовыми факторами и напряжениями в поперечном сечении балки: $Q_y = \int_A \tau_{zy} dA$;

$$M_x = \int_A \sigma_{zy} dA , \quad (1)$$

где Q_y – поперечная сила, M_x – изгибающий момент, A – площадь поперечного сечения, τ_{zy} – касательные напряжения, σ_{zy} – нормальные напряжения.

Строится система уравнений равновесия системы:

$$\begin{aligned} q_1 a \frac{a}{2} + P_1 b - P_2 (b+c) + q_2 (c+d) - b + \frac{c+d}{2} + MM - RB (b+c+d+e) &= 0 \\ q_1 a \frac{a}{2} + b+c+d+e + RA (b+c+d+e) - P_1 (c+d+e) + P_2 (d+e) & \\ q_2 (c+d) \frac{c+d}{2} + e + M &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

На данном этапе решения задачи в системе Matcad начинает раскрываться все великолепие данной программы, так как от пользователя требуется знание законов механики и лишь небольшой навык набора формул в Matcad. Система производит расчет в считанные секунды и выдает ответ, причем если в процессе решения будут изменены значения исходных данных, то программа автоматически произведет пересчет. Вид рабочего документа в программе Matcad по нахождению значений величин реакций опор, а также проверка правильности определения реакций опор показан на рисунке 1.

Поперечные силы и изгибающие моменты являются функциями абсцисс поперечных сечений балки. В сложных случаях нагружения балки эпюры строятся по значениям, в которых Q_y и M_x вычисляются только для

сечений, совпадающих с границами участков, и лишь в отдельных случаях определяются некоторые промежуточные значения.

В данном случае автором статьи было применено нововведение, без которого построение эпюр в программе Matcad было бы весьма проблематичным. Так как функциональная зависимость графика изменяется по длине балки в зависимости от того, каким образом приложены действующие нагрузки, то по оси ординат откладываются функции графика в зависимости от величины силового участка – $F_1(x_1), F_2(x_2), F_3(x_3), F_4(x_4), F_5(x_5)$. По оси абсцисс через запятую даны величины этих силовых участков x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 . При применении данного принципа и производится получение изображения эпюр. И, несмотря на то, что, графики имеют разные функциональные зависимости на разных силовых участках, эпюры поперечных сил и изгибающих моментов имеют классический вид, а вся программа понятна даже далеко не сведущему в программировании пользователю.

Далее, применяя принципы получения графиков эпюр, производится получение эпюры изгибающих моментов. Эпюра изгибающих моментов отображена на рисунке, а расчет – значений эпюры изгибающих моментов в каждой точке графика; следует отметить, что значения всех точек на векторах данных не помещены и чтобы их вывести, следует включить полосы прокрутки у векторов.

Единственным недостатком среди множества преимуществ все-таки следует отметить проблематичность вывода на экран монитора классической картинки эпюр – когда графики изображаются непосредственно под рисунком балки. Для этого можно скопировать эпюры в Word и там скомплектовать рисунок, как принято в классической механике.

Литература:

1. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов / Г.М. Ицкович. — М.: Высш. шк., 1998. – 368 с.
2. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO / В.П. Дьяконов – М.: СК Пресс, 1998. – 352 с.

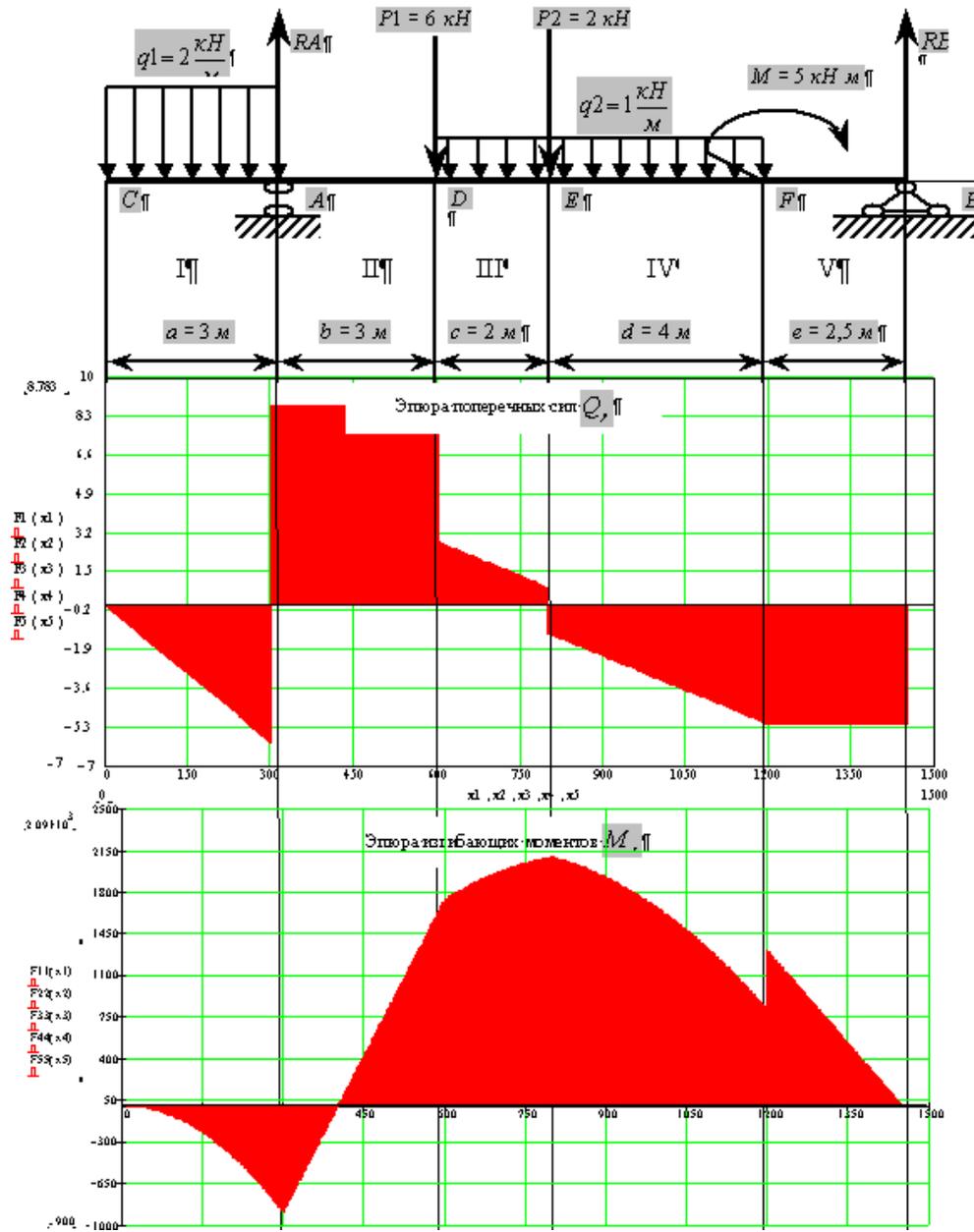


Рис. 1 Двухпропорная одноконсольная балка с эюрами поперечных сил и изгибающих МОМЕНТОВ

СЕКЦИЯ 3. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.315.1

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО УЧАСТКА И ТИПА ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ С РАЗВЕТВЛЕННОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

Е.В. ОДИНОКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Способ позволяет определить поврежденный участок и тип повреждения в электроэнергетической сети с разветвленной топологией. Область действия данной защиты – воздушные сети электропередачи среднего напряжения.

Особенностью данного способа является подключение ведущего и ведомых устройств к низкому напряжению, используя для подключения к сети измерительный трансформатор напряжения (вторичные цепи) или силовой трансформатор собственных нужд (низкая сторона 0,4 кВ).

Устройство имеет измерительные органы по напряжению, всех фаз, что позволяет определить тип повреждений: однофазное замыкание на землю, обрыв одной из фаз, двухфазное замыкание (примеры и объяснения).

При установке устройства на конечные (тупиковые) точки сети можно определить, в каком конкретном участке случилась авария (примеры и объяснения).

Ручной расчет для сети:

- Расчет сигналов в нормальном и аварийном режимах работы энергосистемы (без повреждений), принимаемых ведущим устройством, при подаче ведомым устройством (с конца простой линии) ВЧ напряжения прямой последовательности.

- Моделирование работы устройства осуществляется в программе MathLab/Simulink/PowerSim.

УДК 621.315.1

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ЛИНИИ 6–10 кВ

Ф.Г. ПЕТРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Способ предназначен для селективной защиты (с действием на отключение) или сигнализации всех разновидностей однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в сетях 6–10 кВ, работающих с изолированной нейтралью. Защита реагирует на возникающий при ОЗЗ ток нулевой последовательности, при подаче на ЛЭП напряжения на высокой частоте, отличной от 50 Гц;

не мешает работе силового оборудования распределительной сети;

не изменяет режимы работы сети (сеть с изолированной нейтралью);

не мешает работе защит, основанных на измерении токов и напряжений промышленной частоты 50 Гц.

Источник дополнительного высокочастотного напряжения легко подсоединяется к сети (через высокочастотные конденсаторы, или используя измерительный трансформатор напряжения).

Конкретный расчет для сети, эмулируемой на персональном компьютере, включает пункты:

- расчет сопротивления ЛЭП на высоких частотах (1–10) кГц;
- расчет токов нулевой последовательности в нормальном режиме, при подаче на ЛЭП высокочастотного напряжения нулевой последовательности;
- расчет токов нулевой последовательности в нормальном режиме, при подаче на ЛЭП высокочастотного напряжения прямой последовательности;
- расчет токов нулевой последовательности при наличии ОЗЗ, при подаче на ЛЭП высокочастотного напряжения нулевой последовательности;
- расчет токов нулевой последовательности при наличии ОЗЗ, при подаче на ЛЭП высокочастотного напряжения прямой последовательности.

УДК 621.311.001

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВСЕРЕЖИМНОЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
ТРАНСФОРМАТОРА С ТОРМОЖЕНИЕМ ДЗТ-21**

М.В. АНДРЕЕВ, Н.Ю. РУБАН, И.С. ГОРДИЕНКО, А.Ф. ПРУТИК,
НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. ГУСЕВ

Согласно обобщенной статистике аварийности в электроэнергетических системах (ЭЭС), значительная часть тяжелых аварий происходит из-за неправильных действий средств релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗ и ПА). Одной из главных причин этого является использование при проектировании и эксплуатации данных средств недостаточно полной и достоверной информации о процессах в ЭЭС, измерительных трансформаторах и собственно РЗ и ПА. Современные программы расчета процессов и режимов ЭЭС не обеспечивают достаточную адекватность моделирования данных средств.

В работе представлена программная реализация на языке Си, разработанной всережимной математической модели дифференциальной защиты трансформатора с торможением ДЗТ-21, с учетом вышеуказанных факторов. Практическое использование ориентировано на реализацию в микроконтроллерах соответствующих средств, таких как: Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС (ВМК РВ ЭЭС) и Real Time Digital Simulator (RTDS).

Кроме того, в работе представлены результаты предварительного исследования разработанной модели ДЗТ-21 с помощью программы MatLAB. Результаты исследований позволяют говорить о её адекватности.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 621.311.001.57

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ, ВЫПОЛНЕННОГО
НА ОСНОВЕ ИНДУКЦИОННОГО
РЕЛЕ ТИПА ИВЧ-011**

Ю.А. БУТИНА, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. м.н.с., асс. А.Ф. ПРУТИК

Одной из основных причин аварийности в электроэнергетических системах (ЭЭС) являются неправильные действия релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА). Отсюда возникает необходимость качественного моделирования РЗ и ПА. В то же время, на сегодняшний день не существует математических моделей средств РЗ и ПА, позволяющих адекватно воспроизвести процессы в данных средствах во всех режимах работы ЭЭС.

Для обеспечения адекватности моделирования помимо воспроизведения алгоритма работы и динамических процессов в РЗ и ПА необходимо учитывать особенности их аппаратных реализаций и характеристики измерительных трансформаторов, к которым они подключаются. Подобные математические модели можно разработать с помощью метода направленных графов, позволяющего определить передаточные функции на основе схем замещения средств РЗ и ПА, учитывающих все особенности данных средств.

В данной работе представлено математическое моделирование работы автоматической частотной разгрузки (АЧР), выполненной на основе индукционного реле типа ИВЧ-011. Данная модель разработана согласно следующей методике:

- анализ схемы АЧР;
- составление схемы замещения с учетом всех значимых аппаратных элементов ПА и измерительных трансформаторов;
- математическое описание процессов в измерительных трансформаторах и аппаратной части защиты с помощью метода направленных графов;
- исследование полученных данных математической модели в разных режимах работы с помощью программ MathCAD и MatLAB.

С помощью теории точности и чувствительности измерительных и вычислительных устройств исследовано влияние параметров схемы и их отклонений на точность ее функционирования.

УДК 621.311.001

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНА НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗАЩИТЫ ШДЭ 2801

И.С. ГОРДИЕНКО, М.В. АНДРЕЕВ, Н.Ю. РУБАН, А.Ф. ПРУТИК,
НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. ГУСЕВ

Вопрос повышения точности настройки и проверки применяемых средств релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА) является весьма актуальным в силу того, что значительная часть тяжелых аварий в ЭЭС связано с неправильными действиями РЗ и ПА, главной причиной которых является упрощенное моделирование ЭЭС и средств РЗ и ПА. Последнее обуславливает необходимость в повышении адекватности моделирования РЗ и ПА.

В данной работе представлены результаты разработки математической модели органа направления мощности нулевой последовательности (ОНМ НП) ШДЭ 2801, а также её исследование в программе MATLAB. Конечной целью работы является использование полученных математических моделей РЗ и ПА в моделирующих комплексах реального, таких как ВМК РВ ЭЭС, RTDS Simulator.

На рисунке 1 представлена модель схемы ОНМ НП в MATLAB.

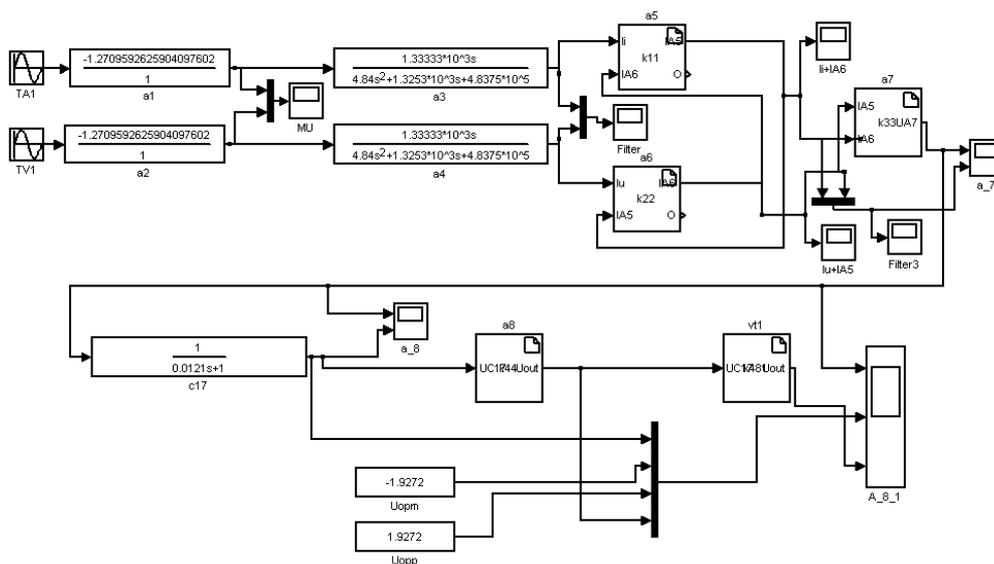


Рис. 1. Модель схемы ОНМ НП в MATLAB

Работа выполнена при поддержке ФЦП «научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 621.311.001

ПОВЫШЕНИЕ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ НА ПРИМЕРЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ФАЗНОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЗАЩИТЫ ДФЗ-201

Н.Ю. РУБАН, М.В. АНДРЕЕВ, И.С. ГОРДИЕНКО, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. ГУСЕВ

В используемых средствах расчета режимов и процессов электроэнергетических систем (ЭЭС) релейная защита и противоаварийная автоматика (РЗ и ПА) моделируется весьма упрощенно, без учета процессов в измерительных трансформаторах и конкретных реализациях указанных средств. С учетом упрощений, используемых при моделировании собственно ЭЭС, последнее нередко является одной из причин неправильных действий средств РЗ и ПА.

Рассматриваемое в данной работе моделирование средств РЗ и ПА осуществляется путем составления адекватных математических описаний моделируемых средств с помощью соответствующих передаточных функций, решение и анализ которых во временной или в частотной областях позволяет получать достоверную и исчерпывающую информацию о вышеуказанных процессах и эффективно решать следующие важнейшие задачи:

- достоверно выявлять причины неправильной работы РЗ и ПА;
- оптимально настраивать РЗ и ПА;
- вырабатывать обоснованные критерии и условия для модернизации существующих и разработки новых средств РЗ и ПА.

Кроме того, в работе также представлены результаты предварительных исследований разработанной математической модели ДФЗ-201 с помощью программ Mathcad и MATLAB, необходимые для проверки адекватности ее функционирования.

Программная формализация математической модели выполнена на языке Си и предназначена для использования в микроконтроллерах Всережимного моделирующего комплекса реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС).

Работа выполнена при поддержке ФЦП «научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 621.311

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗЕРВА НА МИНИ-ТЭС С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ПРОГРАММНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ ДВИЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

И.С. РЫЖКИНА, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Б. АБЕУОВ

На подстанциях распределительной сети, с двигательной нагрузкой, широкое применение получили быстродействующие устройства автоматического включения резерва (АВР). Однако применение подобных устройств АВР на мини-ТЭС с генераторами малой мощности не всегда является эффективным. Причина в том, что бесконтрольная работа АВР на мини-ТЭС с генераторами малой мощности опасна, так как их несинхронное включение может привести к серьезным аварийным нарушениям. В подобных случаях применение устройств АВР с контролем синхронизма исключает возможность такого включения.

Однако, существующие устройства АВР этого типа не обеспечивают быстроты срабатывания и достаточной точности включения, что сдерживает их практическое применение.

Устройство АВР с контролем синхронизма, работа которого основана на принципе управления по программным траекториям движения (ПТД), позволит устранить вышеприведенные недостатки.

Суть этого принципа заключается в разделении задачи синтеза систем управления на подзадачу построения программных (желаемых) траекторий движения объектов и подзадачу формирования управляющих воздействий, обеспечивающих эти траектории.

Данное устройство представляет собой АВР двухстороннего действия, предназначенное для работы на мини-ТЭС при различном соотношении мощностей нагрузок и генерации на ее шинах.

Результаты проведенных исследований подтверждают гипотезу о реализуемости и потенциальной эффективности устройства АВР с контролем синхронизма, построенного на принципе управления по ПТД.

При этом из процесса автоматического управления исключаются такие некорректные операции, как «подгонка» и «ожидание» и, как следствие, уменьшается длительность и повышается качество переходных процессов, сопровождающих включение генераторов потерявшей питание секции шин на параллельную работу.

УДК 621.316.925

РОБАСТНОСТЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ЕЕ СВЯЗЬ С ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

ЧАН ХОАНГ КУАНГ МИНЬ, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. ШМОЙЛОВ

Робастность релейной защиты – свойство, объединяющее селективность, чувствительность и надежность, т.е. свойства, определяемые характером параметра реагирования, структурой защищаемого объекта, инфраструктурой его сетевой периферии, коммутационно-режимным состоянием этой периферии и всей сети. Косвенным путем на робастность оказывает влияние также и быстродействие защиты. Это свойство однозначно определяется зависимостью технической эффективности от величины уставки.

Техническая эффективность определяется отношением технического эффекта (разности потенциально-возможного эффекта и потерь в виде отказов срабатывания, излишних и ложных действий) к потенциально-возможному эффекту. Потенциально-возможный технический эффект – это вероятность КЗ на защищаемом объекте, а потери – это вероятности соответственно отказов срабатывания, излишних и ложных действий канала РЗ, для которого выбирается уставка. В зависимости от выбранной уставки техническая эффективность может быть положительной и отрицательной. Максимальное положительное значение технической эффективности является объективным однозначным критерием правильно и оптимально выбранной уставки. Значения технической эффективности лежат в интервале от отрицательной бесконечности до положительной единицы. Практическая значимость для уставок РЗ имеет значение технической эффективности, близкой к единице. При этом, чем больше будет диапазон уставок с технической эффективностью, близкой к положительной единице, тем робастней будет РЗ, оптимальная уставка будет в центре этого диапазона. В пределах диапазона значений технической эффективности, близких к единице, уставки РЗ характеризуют либо большую селективность (грубые уставки), либо большую чувствительность (чувствительные уставки), но в целом эффективную РЗ. Робастность при этом определяется диапазоном уставок РЗ, при которых техническая эффективность близка к единице, т.е. с широким диапазоном высокоэффективных уставок. При узком диапазоне

высокоэффективных уставок робастность будет ниже по сравнению с широким диапазоном.

УДК 621.31.075.8

РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ И ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЭВМ

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

Одной из основных задач проектирования систем электроснабжения (СЭС) является определение параметров аварийных и послеаварийных режимов работы электрической сети. Это необходимо для выбора основного электрооборудования расчетной схемы, а также определения параметров ее защиты и автоматики. При расчете систем размерностью свыше 100 или даже 1000 узлов необходимо использовать специальные методы и алгоритмы вычисления. Поэтому поиск эффективного способа расчета сетей с большим количеством узлов и ветвей представляет собой актуальную задачу.

Целью моей работы стало изучение, сравнение и применение методов двойной факторизации и Ньютона-Рафсона для расчета различных режимов работы СЭС. Для сравнительного анализа эффективности методов по времени счета и использования оперативной памяти по этим двум методам разработаны алгоритмы на ЭВМ, с помощью которых ведется расчет сложных электрических систем различной размерности.

При использовании метода двойной факторизации задача расчета сводится к решению матричного уравнения вида $U_{\Delta} = Y_{\Delta}^{-1} \cdot J$, где U_{Δ} – напряжение в узлах сети относительно базисного узла; Y_{Δ}^{-1} – матрица, обратная матрице узловых проводимостей; J – столбцевая матрица задающих токов в узлах. С помощью определенных соотношений матрица узловых проводимостей преобразуется в матрицы-сомножители, с помощью которых ведется дальнейший расчет токов КЗ или установившегося режима.

В случае использования метода Ньютона-Рафсона решаются уравнения вида $S_k^* - \sum_{U_{\text{зл}}} Y_j U_j U_k^* = 0$, где $k = (1 \div n)$, где n – количество узлов системы, не считая базисного. Каждое такое уравнение дифференцируется по dU_j . Эти уравнения составляют матрицу Якоби, по которой вычисляется небаланс напряжения ΔU_j . По этому вектору небалансов напряжения определяется вектор комплексных напряжений в узлах.

Данные методы расчета имеют большое преимущество как по времени счета, так и по эффективному использованию ресурсов ЭВМ, что, в свою очередь, дает возможность использовать эти методы в так называемых «умных» электрических сетях smart-grid.

УДК 621.372.54

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

К.И. ЕРМАКОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.А. НЕМЦЕВ

В электротехнических дисциплинах моделирование применяется как инструмент для изучения процессов, происходящих в электрических системах. Оценивая параметры моделируемого объекта по известным наблюдаемым величинам, алгоритмические модели объекта (АМО) участвуют в синтезе релейной защиты.

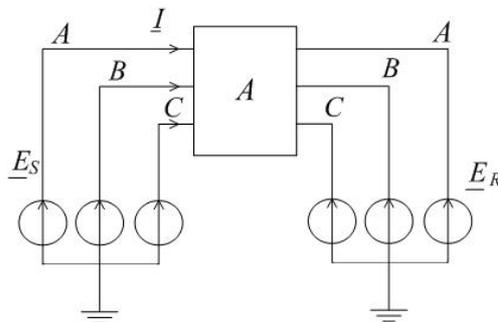


Рис. Алгоритмическая модель трехпроводной линии электропередач

АМО (рис) представляет собой несимметричную многопроводную линейную систему с распределенными параметрами, которые описываются квадратными симметричными матрицами первичных параметров. Участок линии длиной l с удельными параметрами, заданными матрицами удельных сопротивлений Z^0 , индуктивностей L^0 , проводимостей Y^0 и емкостей C^0 , описывается следующими уравнениями длинной линии:

$$-\frac{dW(x)}{dx} = \underline{H} \times W(x); \quad \underline{H} = \begin{bmatrix} 0 & Z^0 \\ Y^0 & 0 \end{bmatrix},$$

где $\underline{W}(x) = [\underline{U}^T(x) \quad \underline{I}^T(x)]^T$ – вектор изображений электрических величин вдоль координаты линии x , т.е. напряжений $\underline{U}(x)$ и токов $\underline{I}(x)$;

$\underline{Z}^0 = R^0 + pL^0$ – операторное сопротивление, Ом;

$\underline{Y}^0 = G^0 + pC^0$ – операторная проводимость, См.

Решение данного однородного дифференциального матричного уравнения находится через матричный экспоненциал:

$$\underline{W}(x) = e^{-\underline{U}x} \underline{W}(0),$$

где $\underline{W}(0)$ – вектор электрических величин в начале линии.

УДК 621.315.1

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ АДАПТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

А.М. ДУГИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. доц. Э.И. ЛУКИН

Способ позволяет на основании определенной программы анализа входных, выходных и прочих дополнительных данных выработать сигнал управления параметрами программируемого фильтра. Импульсная характеристика адаптивных систем также может иметь как конечный, так и бесконечный характер.

Адаптивные устройства обработки данных отличаются наличием определенной связи параметров передаточной функции с параметрами входных, выходных, ожидаемых, прогнозируемых и прочих дополнительных сигналов или с параметрами их статистических соотношений, что позволяет самонастраиваться на оптимальную обработку сигналов.

В простейшем случае, адаптивное устройство содержит программируемый фильтр обработки данных и блок (алгоритм) адаптации.

Основные области применения адаптивной фильтрации – очистка данных от нестабильных мешающих сигналов и шумов, перекрывающихся по спектру со спектром полезных сигналов, или когда полоса мешающих частот неизвестна, переменна и не может быть задана априорно для расчета параметрических фильтров.

Адаптивный алгоритм наименьших квадратов Уидроу-Хопфа. По существу, это модификация фильтра Винера, в которой вместо вычисления коэффициентов за один шаг используется алгоритм последовательного

спуска в оптимальную точку при обработке каждой выборки. Моделирование программы осуществляется в программе MathLab/Simulink/C#/.

УДК 621.315.1

СПОСОБ ЗАПРЕТА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОЕ ДВУХФАЗНОЕ ИЛИ ТРЕХФАЗНОЕ КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ НА ШИНАХ ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И НА БЛИЗКОЕ КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ В ОТХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ ПРИ ОТКАЗЕ ЕЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Р.А. МИХАЙЛОВ, Ю.В. ПИСКОВАЦКИЙ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.Г. МИНУЛЛИН

Одним из эффективных способов повышения надежности электроснабжения является применение автоматического повторного включения (АПВ) в распределительных сетях и на двухтрансформаторных подстанциях.

Действие АПВ заключается в повторной подаче напряжения на отключенный участок линии. Но существуют случаи включения вводного выключателя на устойчивое короткое замыкание, что приводит к значительному снижению ресурса оборудования подстанции или к выходу его из строя. Один из них – это способ запрета АПВ вводного выключателя на короткое замыкание на шинах двухтрансформаторной подстанции.

Существует задача расширить область применения и функциональные возможности способа путем использования его для запрета АПВ на устойчивое двух- или трехфазное короткое замыкание на шинах основного источника питания и на близкое короткое замыкание в отходящей линии при отказе ее выключателя вне зависимости от типа источника питания.

Этот способ основан на контроле тока, на вводе источника питания между вводным выключателем и шинами источника питания, фиксации появления тока короткого замыкания между вводным выключателем и шинами источника питания. Если во время протекания тока короткого замыкания линейные напряжения на шинах ниже значения, при котором нарушаются технологические процессы у потребителей, питаемых от источника питания, а после отключения тока короткого замыкания линейные напряжения на шинах отсутствуют, то делают вывод, что произошло короткое замыкание на шинах источника питания или близкое короткое

замыкание в отходящей линии, причем отказал ее выключатель. В этом случае подают сигнал запрета АПВ.

Реализация данной схемы возможна при помощи различной элементной базы. Наиболее эффективным является применение для этого управляющего компьютера.

УДК 621.315.1

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИМПУЛЬСНЫХ РЕФЛЕКТОМЕТРОВ

С.Г. ВЕДЕРНИКОВ, И.С. ЛАВРЕНТЬЕВ, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.Г. МИНУЛЛИН;
 канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Г. МУСТАФИН

Известно, что воздушные линии электропередачи (ЛЭП) являются наименее надежными элементами современной энергосистемы. Основная часть повреждений ЛЭП – это короткие замыкания и обрывы проводов из-за атмосферных воздействий. При этом определение места повреждения и восстановление поврежденных участков линий электропередачи являются сложными, длительными и дорогостоящими технологическими операциями.

Для решения данной проблемы нами предлагается система контроля состояния воздушных линий электропередачи на основе метода локационного зондирования. Данная система позволяет оперативно, дистанционно и автоматически определять вид и место повреждения, раннее образование гололедных структур на проводах линий электропередачи.

Структурная схема дистанционного и автоматизированного способа обнаружения ранних гололедных образований представлена на рис. 1.

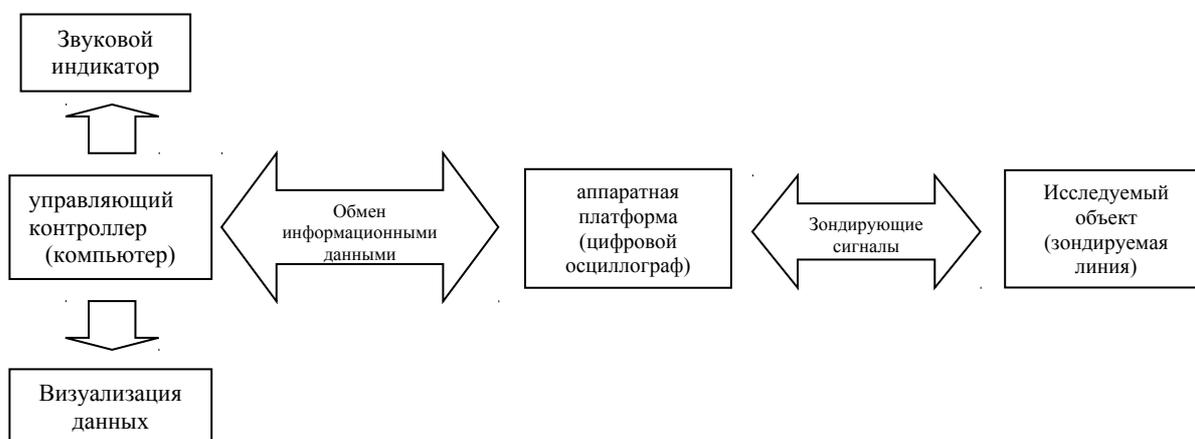


Рис. 1. Структурная схема системы обнаружения ранних гололедных образований

Основной частью этой работы является организация сети передачи данных от измерительного комплекса на диспетчерский пункт и непосредственно обслуживающему персоналу. В настоящее время с пунктов локационного зондирования (подстанция «Кутлу Букаш», «Бугульма-14») ведется передача данных на базе Dial-Up-, GSM-модемов.

УДК 621.311.1

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГПП-1 ОАО «АВТОВАЗ» ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЗАЩИТ

А.А. ЧЕРЕПАНОВ ТГУ, г. Тольятти

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

Более одной трети эксплуатируемых устройств РЗА физически и морально устарело и требует замены. Анализ статистических данных показывает рост количества случаев неправильной работы устройств РЗА из-за старения. Вопрос замены устройств РЗА, выработавших срок службы, будет обостряться с каждым годом; если уже сейчас не начать их планомерную замену или реконструкцию, велика вероятность «лавиного» выхода из строя защит всего оборудования.

Принципы действия релейной защиты и электроавтоматики не изменены, а наоборот, расширяются ее функциональные возможности, и упрощается эксплуатация, снижается стоимость обслуживания.

Несоответствие технических характеристик или функциональных возможностей устройства требованиям к селективности, быстродействию, чувствительности, резервированию при действующих или предусматриваемых в ближайшей перспективе схемах или режимах работы энергообъекта или прилегающей сети приводит к возникновению аварийных ситуаций.

Надежность функционирования любого устройства следует рассматривать в двух аспектах: надежность самого устройства и надежность функционирования всей системы, в состав которой входит данное устройство. Чем больше минимальное число реле и других элементов, которое должно участвовать в срабатывании защиты, тем меньше надежность ее срабатывания.

Достоинства МП УРЗА: автоматическая непрерывная самодиагностика, которая обеспечивает высокую надежность срабатывания реле и позволяет сократить объемы и сроки профилактических проверок; цифровые защиты

обеспечивают более быстрое отключение коротких замыканий и снижают ущерб от недоотпуска электроэнергии, продукции. Немаловажным достоинством является и интеграция МП УРЗА в систему АСУ ТП.

Таким образом, имея множество предпосылок к повышению надежности системы электроснабжения, подходим к неоспоримому выводу необходимости модернизации УРЗА.

УДК 621.315.1

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО НАЛАДКЕ ТЕРМИНАЛА «SPAC 810Т» ФИРМЫ АВВ

Э.Н. ГАЛИМЗЯНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. преп. Э.Ф. ХАКИМЗЯНОВ

Комплектное устройство защиты и автоматики SPAC 810 предназначено для выполнения функций релейной защиты, автоматики, местного/дистанционного управления, измерения, сигнализации, регистрации, осциллографирования, диагностики выключателей, а также необходимых блокировок присоединений 6–35 кВ: воздушных, кабельных линий, трансформаторов собственных нужд, секционных и вводных выключателей, трансформаторов напряжения. Также выпускаются устройства SPAC 810 с дифференциальной токовой защитой с торможением для защиты силовых двухобмоточных трансформаторов до 40 МВА, а также мощных синхронных и асинхронных двигателей. Устройство SPAC 810 работает от источника постоянного, переменного или выпрямленного напряжения оперативного тока 220 (110) В. Устройство сохраняет работоспособность без изменения параметров и характеристик срабатывания при наличии в напряжении оперативного тока пульсаций до 12 % от среднего значения и перерывах питания до 0,5 с. Устройство SPAC 810 не повреждается и не срабатывает ложно при включении и (или) отключении источника питания, после перерывов питания любой продолжительности с последующим восстановлением, при подаче напряжения оперативного постоянного тока обратной полярности, а также при замыканиях на землю в сети оперативного постоянного тока.

В лаборатории Казанского государственного энергетического университета имеется микропроцессорный терминал «SPAC-810Т», который предназначен для защиты физической модели двухобмоточного трехфазного трансформатора 110/10 кВ. Данный лабораторный стенд позволяет

моделировать номинальные и аварийные режимы работы силового трансформатора, таких как короткие замыкания на высокой и низкой стороне, замыкания на корпус, перегрузки, внешние короткие замыкания.

Вывод:

Данный лабораторный стенд может помочь моделировать аварийные ситуации, без использования дополнительных дорогостоящих устройств, таких как РЕТОМ-51 и других.

УДК 621.314

«СИРИУС-2МЛ» – ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА КАБЕЛЬНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 6–35 кВ

Н.А. БЕЛОУСОВА, М.С. ГРАНКИН, А.Н. ЛИТВИНОВА,
ОГТИ (ф) ОГУ, г. Орск
Науч. рук. ст. преп. Е.А. ПРАСЛОВА

В настоящее время в стране производится активный процесс внедрения в релейную защиту и автоматику энергосистем микропроцессорных терминалов релейной защиты. Это явление вызвано существенными преимуществами новых современных устройств перед традиционными электромеханическими реле. Сейчас практически все вновь строящиеся объекты оснащаются только микропроцессорными терминалами.

В связи с реконструкцией подстанции «Елшанская» 110/35/10 кВ филиал ОАО «МРСК Волга» «Оренбургэнерго» производится замена 2-х трансформаторов мощностью 25 000 кВА на трансформаторы мощностью 40 000кВА, по причине увеличения нагрузки потребителей.

В связи с этим требования к релейной защите и автоматике ужесточились. Теперь она должна обеспечивать следующие функции:

- токовая отсечка с независимой выдержкой времени (ступень МТЗ-1);
- максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени (МТЗ-2);
- максимальная токовая защита с независимой или зависимой выдержкой времени (МТЗ-3) с действием на отключение или на сигнал;
- ступень токовой защиты от длительной перегрузки с независимой характеристикой времени большой длительности (до 1,5 часов) с действием на отключение или сигнализацию;

- степень защиты от обрыва фазы по току обратной последовательности с независимой характеристикой и действием на отключение или сигнализацию;

- земляная защита с действием на отключение или сигнализацию по току основной частоты, в том числе направленная, и/или по сумме токов высших гармоник с независимой характеристикой;

- защита минимального напряжения;

- защита от повышения напряжения с последующим АПВ.

В процессе проектирования подстанции «Елшанская», основываясь на экономической эффективности и технической целесообразности, было принято решение об установке микропроцессоров «СИРИУС-2МЛ».

УДК 621.315.1

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО НАЛАДКЕ ТЕРМИНАЛА ШЛ 2604 ИЦ «БРЕСЛЕР»

А.А. САПАРОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. преп. Э.Ф. ХАКИМЗЯНОВ

Устройство защиты серии «БРЕСЛЕР ШЛ 2604» содержит полуконкомплект дифференциально-фазной высокочастотной защиты линии (ДФЗ) с абсолютной селективностью и предназначено для защиты двухконцевых или многоконцевых линий электропередачи.

Дифференциально-фазная защита состоит из нескольких полуконкомплектов, устанавливаемых по концам воздушной линии и, при необходимости, на ответвительных подстанциях. Устройство полуконкомплекта защиты для одной стороны воздушной линии состоит из терминала защиты (релейная часть) и соответствующей аппаратуры ВЧ-связи (высокочастотная связь), обеспечивающей передачу высокочастотных сигналов (ВЧ-сигналов) на другую сторону защищаемой линии (или другие стороны, если это обусловлено условиями обеспечения селективности) по фазным проводам или по проводящим тросам.

Орган манипуляции управляет высокочастотным передатчиком, который, в свою очередь, генерирует токи высокой частоты пакетами, длительность которых равна приблизительно интервалам перехода мгновенного тока манипуляции через ноль. Вследствие этого при внешних КЗ (вне зоны защиты) ВЧ-передатчики работают одновременно и генерируемые ими ВЧ-пакеты сдвинуты на полпериода и в ВЧ-канале (провода фаз линии или

проводящие тросы) имеется практически сплошной сигнал, блокирующий защиту.

Лабораторный стенд по наладке терминала состоит двух частей: первая часть представляет модель электрической станции, в состав которой входит повышающий трансформатор 10/110 кВ и отходящая линия 110 кВ, а вторая – макет подстанции для входа воздушной линии в электроэнергетическую систему.

Вывод:

Данный лабораторный стенд может помочь моделировать аварийные ситуации без использования дополнительных дорогостоящих устройств, таких как Ретом-51 и других.

УДК 621.315.1

ОСОБЕННОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ БЛОКОВ «ГЕНЕРАТОР – ТРАНСФОРМАТОР»

М.А. РЯБОВ, КГЭУ, Казань
Науч. рук. доц. В.М. ЛОПУХОВ

На генераторах, трансформаторах (или автотрансформаторах) и линиях, соединенных в один блок, устанавливаются те же защиты, что и в случае их отдельной работы. Однако объединение в один рабочий агрегат нескольких элементов большой мощности вызывает некоторые, отмеченные ниже, особенности в требованиях к защитами и в отдельных случаях в исполнении защиты.

1. Соединение в один блок нескольких элементов позволяет объединить однотипные защиты этих элементов в одну общую защиту. Общими обычно выполняются дифференциальные защиты генератора и трансформатора, а также защиты от сверхтоков при внешних коротких замыканиях и перегрузках.

2. Отсутствие электрической связи между генератором и сетью, имеющее место в блочных схемах, облегчает решение вопросов селективности защиты генератора от замыканий на землю, но требует в то же время новых способов выполнения этой защиты.

3. Вследствие высокой стоимости мощных генераторов и трансформаторов блока к их защитами от внутренних повреждений предъявляются повышенные требования в части чувствительности, быстроты действия и надежности.

4. Малые запасы по нагреву мощных генераторов обуславливают необходимость выполнения защиты от недопустимого нагрева ротора генератора при несимметричном режиме и от перегрузки обмотки ротора.

5. На блоках без поперечных связей, все элементы которых объединены в единый агрегат, возникает необходимость действия электрических защит не только на выключатель и АГП, но и на останов блока в целом, т.е. котла и турбины.

УДК 621.313

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ТИПОВОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

М.С. МАКЕЕВ, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ВАХНИНА;

канд. техн. наук, доц. В.П. ТАРАКАНОВ

Частота вращения тепловой турбины определяет частоту синусоидального напряжения синхронного генератора как важнейший показатель качества, вырабатываемый им электроэнергией. Для того чтобы моделирование электромеханических переходных процессов было максимально приближено к реальным процессам, протекающим в крупных синхронных машинах необходимо, адекватное моделирование систем автоматического регулирования частоты вращения турбины (АРЧВ).

Совместно с объектом регулирования (агрегат турбина-генератор) автоматический регулятор скорости образует замкнутую систему автоматического регулирования (САР) по отклонению частоты. Функциональная схема САР представлена на рис. 1.

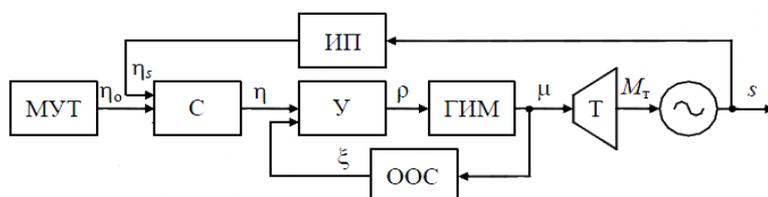


Рис. 1. Функциональная схема САР

Функциональные и структурные схемы САР для исследования переходных процессов в энергосистемах не повторяют реальные схемы

регуляторов, а являются эквивалентными схемами. За счет выбора структуры эквивалентной схемы и параметров ее элементов обеспечивается необходимая точность модели. В работе рассмотрена реализация модели типового гидродинамического АРЧВ статического пропорционального действия (П – регулятор) паровых турбин тепловых электростанций. Принцип действия данного регулятора со всеми параметрами и функциональными ограничениями был смоделирован в программном пакете Matlab (рис.2).

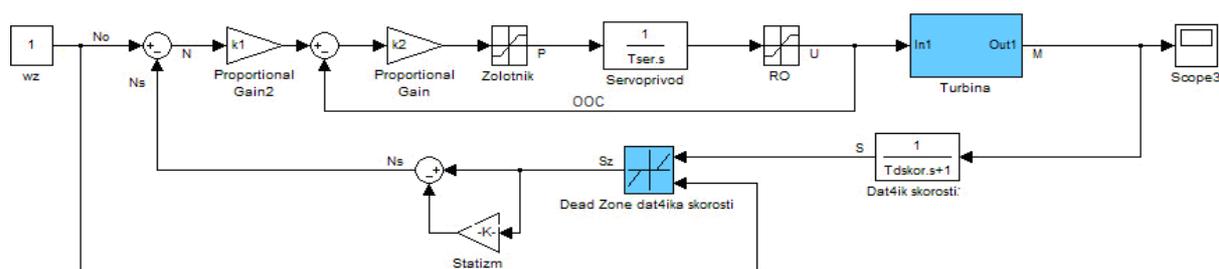


Рис. 2. Модель гидродинамического регулятора частоты вращения паровой турбины

На основании выполненного моделирования можно сделать вывод о достаточной точности модели, что позволяет использовать ее для исследования электромеханических переходных процессов, протекающих в реальных энергосистемах.

УДК 621.317.7.001.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА

Ю.И. ИВАНОВ, СФ МЭИ, г. Смоленск

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

На современном этапе развития релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем особое место занимает проблема высокоточных измерений переменных токов. Основным парком применяемых для этих целей трансформаторов тока имеет устаревшую конструкцию, недостатком которой является большой вторичный ток (1–5А). Среди большого числа новых конструкций таких устройств особое место занимают дистанционные магнитные трансформаторы тока типа ТВМ-2П с защитой от магнитных помех. Для лучшего понимания характера электромагнитных

процессов, протекающих в данном устройстве, очень важно построить математическую модель его работы. Рассматривается квазистационарное плоскопараллельное магнитное поле, созданное тремя фазами линии электропередач на подстанции с заземляющим контуром. Исходя из уравнений Максвелла, вводя векторный магнитный потенциал, можно получить уравнение Гельмгольца, которое записывается для каждого элемента расчетной области (воздух, провода, ферромагнитный сердечник преобразователя). Проанализировав уравнение, можно сказать, что при использовании нулевой проводимости магнитопровода задача сводится к стационарной, описываемой уравнением Пуассона. В качестве аналитического метода исследования магнитного поля трансформатора ТВМ-2П можно использовать метод конечных элементов. На основании модели преобразователя с нулевой проводимостью магнитопровода установлено, что его выходная характеристика имеет линейный вид при токах до 50 кА.

УДК 621.316.925

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТИРИСТОРОВ

И.М. АХМЕТОВ, ОАО «ЭНИН», г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, с.н.с. В.Ф. ЛАЧУГИН

В целях повышения качества и снижения потерь электроэнергии в сетях ЕЭС находят всё большее применение преобразовательные устройства для регулирования перетоков мощности. Одним из таких устройств является разработанное в ОАО «ЭНИН им Г.М. Кржижановского» фазоповоротное устройство (ФПУ). При проектировании таких устройств важно помнить о необходимости контроля состояния его элементов. Большинство преобразовательных устройств, рассчитанных на высокие и сверхвысокие напряжения, используют схемы, в которых тиристоры соединяются в тиристорные блоки, представляющие собой последовательно соединённые тиристорные ячейки. Каждая такая тиристорная ячейка состоит из двух встречно-параллельно включённых тиристоров.

Количество последовательно включённых ячеек может варьироваться от нескольких штук (например, в ФПУ) до нескольких десятков и сотен штук (например, в преобразователях передач постоянного тока).

Количество тиристорных ячеек при расчете принимается с некоторым запасом, однако, контроль состояния тиристоров зачастую предусматривает лишь определение работоспособности всего силового блока в целом.

Предлагаемое устройство позволяет контролировать состояние каждого тиристора блока, что обеспечит своевременное принятие мер по выводу повреждённой силовой сборки из эксплуатации, а при выходе из строя тиристора – определить его необходимую замену.

Контроль состояния тиристора определяется по двум критериям: величине напряжения на управляющем электроде и тока, протекающего через тиристор в обратном направлении, что, по существу, является 100 % средством обнаружения пробитого состояния тиристора во время работы.

Устройство контроля состояния тиристора выполнено в виде двух плат. При этом в проводящем режиме работы силового блока осуществляется контроль состояния каждого тиристора, а в непроводящем – определяется работоспособность этой силовой сборки.

Основными преимуществами разработанного устройства является конструктивная простота, малое потребление мощности, отсутствие необходимости программировать или как-либо подстраивать элементы схемы.

УДК 621.316.925

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ КОМПЛЕКСЕ RTDS (Real Time Digital Simulator) ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И НАСТРОЙКИ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

В.С. ПЕТРОВ, Д.С. ЩУКИН, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук В.А. НАУМОВ

Устройства автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР), относящиеся к противоаварийной автоматике, являются важной частью комплекса по обеспечению безопасности станции и энергосистемы в целом, позволяют избежать масштабных системных аварий. Высокая степень ответственности, возложенная на устройства АЛАР, требует их серьёзной проверки.

Испытать устройства АЛАР можно на комплексах РЕТОМ и ОМІСРОН с использованием программных модулей моделирования сети на электродинамической модели ОАО «НИИПТ», на программно-аппаратном комплексе RTDS и других технических средств. С помощью программных модулей РЕТОМ и ОМІСРОН можно провести основную часть испытаний,

но ввиду технических ограничений самих модулей на них невозможно смоделировать некоторые сложные режимы. Испытания устройств АЛАР на электродинамической модели (ЭДМ) ОАО «НИИПТ» являются наиболее приближенными к действительности, т.к. проверка осуществляется на физической модели с реальными элементами сети. Однако ЭДМ имеет ограничение по возможным вариантам испытаний и по сложности самих моделей элементов сети. Широкие возможности для испытания устройств АЛАР в различных простых и сложных режимах даёт программно-аппаратный комплекс RTDS. Средства RTDS позволяют использовать весьма точные модели элементов сети, регуляторов, производить переключения или регулирование моделируемой в реальной времени математической модели от сигналов срабатывания проверяемого устройства. Предприятием ООО НПП «ЭКРА» стандартными средствами RTDS создана математическая модель, максимально приближенная к ЭДМ ОАО «НИИПТ». На разработанной модели RTDS проводятся испытания микропроцессорных устройств АЛАР ООО НПП «ЭКРА» по программе, утверждённой ОАО «СО ЕЭС».

УДК 621.311.001

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

К.К. СНЕГИРЁВА, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. ШМОЙЛОВ

Главное свойство релейной защиты и автоматики (РЗА) – селективность, в настоящее время недостаточно полно развито в части приспособленности к характеристикам контролируемого объекта. Это обуславливает отсутствие однозначного знания о функциональных возможностях аппаратуры РЗА относительно особенностей конкретного защищаемого элемента в составе электрической сети и, как следствие, не совсем адекватную свойствам контролируемого объекта настройку выпускаемой промышленностью аппаратуры. Наиболее полноценное и качественное решение проблемы селективности при построении, настройке и эксплуатации систем РЗА может быть получено в рамках обобщенного показателя, выраженного либо в минимуме потерь, либо в максимуме технического эффекта.

Для чувствительного канала дифференциальных защит

трансформаторов и автотрансформаторов уставка, отстроенная от малого небаланса рабочего режима, может существенно превышать ток небаланса в дифференциальной цепи измерительного органа при внешних КЗ в определенной периферии сетей на всех сторонах. Чтобы снизить количество функциональных излишних действий в дифференциальных защитах, используются различные виды торможения (загрубления) от сквозного тока при внешних КЗ.

Потери технического эффекта за счет функциональных отказов срабатывания для весьма чувствительных современных дифференциальных защит будут незначительными. По этой причине, потери ложных действий должны быть большими во всех режимах и процессах защищаемого оборудования и линий сети: в эксплуатационных режимах, при бросках тока намагничивания, в асинхронных режимах, формирующихся через защищаемые дифференциальными защитами силовые элементы.

В работе приводится выражение технического эффекта дифференциальных защит трансформаторов и автотрансформаторов и обсуждается вычисление потенциального эффекта с учетом потерь.

УДК 621.316.925

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕРМИНАЛАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

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

От точного расчета входных величин тока и напряжения зависит правильная работа всего комплекса защит микропроцессорного (МП) терминала релейной защиты и автоматики (РЗА). МП терминалы работают с оцифрованными входными сигналами. Рабочие величины токов и напряжений вычисляются с помощью преобразования Фурье.

Для преобразования Фурье требуется вычисление математических функций синус и косинус. Это вызывает относительно большие затраты микропроцессорного времени, особенно при необходимости работать в широком диапазоне частот. С целью сокращения времени на вычисление предлагается использование более простых с точки зрения программной реализации функций, которые используют только несколько первых членов ряда Тейлора. При этом математические функции синус и косинус заменяются «треугольными» функциями.

Вычисление токов и напряжений на основе преобразования Фурье с заменой функций синус и косинус на более простые для расчета функции позволит уменьшить затраты микропроцессорного времени. При этом предполагается, что точность вычисления токов и напряжений остается в пределах допустимых погрешностей для целей РЗА. Это особенно актуально для расчета величин при непостоянной частоте входных сигналов.

Предложенная методика расчета реализуется на базе МП терминала с целью её дальнейшего исследования и тестирования при различных входных сигналах. Если по результатам опытов будет отмечено достаточное уменьшение нагрузки на микропроцессор в сочетании с отсутствием увеличения погрешности измерения, то в дальнейшем возможно использование данной методики расчета величин токов и напряжений в серийно выпускаемых МП терминалах.

УДК 621.316.925

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ ПРИ СИСТЕМНЫХ АВАРИЯХ ПУТЕМ ВЫДЕЛЕНИЯ НА СБАЛАНСИРОВАННЫЙ ЭНЕРГОРАЙОН

К.А. БАРАКИН, Е.Р. ГОРСКИЙ, ОАО «Сибтехэнерго»;
В.А. НАУМОВ, Р.В. РАЗУМОВ, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары

Системные аварии со значительным снижением частоты в энергосистеме существенным образом влияют на работу генерирующих станций, в том числе и тепловых. Таким образом, при глубоких снижениях частоты в энергосистеме должно происходить выделение тепловых станций на собственные нужды, либо сбалансированный энергорайон. Отвечает за процесс выделения станции и, как следствие, повышение ее живучести, специальная автоматика выделения станций на собственные нужды или сбалансированный энергорайон (АВСН).

Стандартным решением повышения живучести тепловых станций было выделение одного генератора на питание собственных нужд. Возможности микропроцессорной техники позволяют реализовать выделение станции на сбалансированный энергорайон путем отключения линий связи с системой и проведения достаточно точной балансировки по потребляемой и генерируемой мощностям путем ограничения генерации в случае выделения энергорайона с превышением генерируемой мощности над потреблением, либо отключением части тупиковых линий нагрузки при выделении станции

с дефицитом генерирующих мощностей. Выделение энергорайона станции может быть реализовано путем выделения станции с ее тупиковыми линиями, по которым питаются энергоемкие потребители (крупные промышленные объекты, большие городские кварталы и т.д.), а также организация выделения географически распределенного энергорайона с рядом прилегающих подстанций путем отключения на них системных линий связи и получения комплексом автоматики данных по нагрузкам линий этих подстанций путем применения устройств приемо-передатчиков со сбором этой информации в устройстве АВСН. Подобное решение позволяет достаточно легко производить выделение не только станций с продольными связями по пару, но и поперечными, где выделение одного генератора на питание собственных нужд сталкивается с множеством проблем.

УДК 621.318.57

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ПРОВАЛАХ НАПРЯЖЕНИЯ

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

Перед энергетиками промышленных предприятий все более актуален вопрос минимизации экономического ущерба от провалов напряжения в энергосистеме. В частности кратковременные нарушения электроснабжения (КНЭ).

Примерами предприятий на которых КНЭ ведут к остановки основного производства служат ООО «Тольяттикаучук» (в год имеет место от 8 до 16 случаев), насосных агрегатов МГУП «Мосводоканал» (в год порядка 6-10 случаев) и связаны с возмущениями, возникающими в энергосистемах.

К КНЭ могут привести короткие замыкания на ЛЭП (схлестывания проводов, падение веток). Такие аварии, как правило, не приводят к тяжелым последствиям и самоустраиваются после первого срабатывания АПВ. Несмотря на это они могут привести к расстройству технологического процесса, нарушению динамической устойчивости комплексной электродвигательной нагрузки. Низковольтные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором подключаются к сети магнитными пускателями, которые удерживаются во включенном состоянии электромагнитами, подключенными к силовой сети. При провалах напряжения (в период КНЭ) происходит массовое отключение электрических

двигателей, что может служить причиной нарушений технологических процессов производств.

Существует два пути избежать остановки производства: использование источника бесперебойного питания; ввод резерва в течение 20-50 мс с момента обнаружения аварии. Выбор первого пути потребует существенных инвестиций и квалифицированного обслуживания. При втором варианте требуется установка устройств быстродействующего автоматического ввода резерва (БАВР).

Сравнение характеристик устройств БАВР:

- АВВ (Германия). Система на основе элементов REF 542+ и SUE 3000 обеспечивает ввод резерва в течении 35-50 мс с момента обнаружения аварии.

- «НПК Промир» (Россия). Комплекс БАВР обеспечивает ввод резерва в течение 22 мс с вакуумными выключателями ВВ/TEL-10-20/1600-У2-115 типа Shell производства ЗАО «ГК «Таврида Электрик».

Использование отечественных разработок предпочтительнее, т.к. стимулирует движение к инновационному типу российской экономики.

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

УДК 621.311

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ГАЗОХИМИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ ОАО «САЛАВТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ» И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В.И. ЯГУДИН, УГНТУ, г. Салават

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ВИЛЬДАНОВ

На действующем производстве Газохимического завода цеха № 24 ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» был произведен анализ потребления реактивной мощности по двум РТП: № 41 и 42. Цех разделен на две очереди. Первая очередь получает питание от РТП-41, а вторая – РТП-42.

От РТП-41 запитаны три высоковольтных синхронных двигателя мощностью 1500 кВт. А от РТП-42 запитаны два высоковольтных двигателя мощностью 1250 кВт. Основную работу в технологическом процессе

выполняют синхронные двигатели мощностью 1500 кВт из-за высокой производительности, а двигатели мощностью 1250 кВт находятся в резерве.

Был произведен анализ и расчет за восьмичасовую загруженную смену потребления активной и реактивной мощности по двум РТП:

РТП-41 1 ввод : P - 2854 кВт, Q - 596 кВАр, $\cos\varphi$ – 0,97;

2 ввод: P - 630 кВт, Q - 138 кВАр, $\cos\varphi$ – 0,97;

РТП-42 1 ввод : P - 930 кВт, Q - 669 кВАр, $\cos\varphi$ – 0,80;

2 ввод: P - 392 кВт, Q - 358 кВАр, $\cos\varphi$ – 0,73.

Как видно из расчетов, компенсация реактивной мощности по двум вводам РТП-42 не удовлетворительна. Синхронные двигатели мощностью 1500 кВт могут генерировать в сеть реактивную мощность 1,6 МВАр. Синхронные двигатели 1250 кВт располагают реактивной мощностью для компенсации, равной 0,84 МВАр.

Планируется введение в эксплуатацию новой установки грануляции, разработанной по системе «Йокогава», производительностью 1400 тонн минеральных удобрений в сутки. Данная установка будет запитана с РТП-42 и ее установленная мощность, согласно проекта, 2945 кВт. Введение дополнительных мощностей приведет к дополнительным активным и реактивным нагрузкам.

В рамках запланированной реконструкции РТП-42 предлагается произвести два пути решения компенсации реактивной мощности. Первое – компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей. Второе – перезапитать один из синхронных двигателей мощностью 1500 кВт от РТП-42 и использовать в качестве источника реактивной мощности.

УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Р.Р. ЗАКИРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Надежное электроснабжение с наименьшими потерями электрической энергии является на сегодня самой актуальной проблемой в электроэнергетике. В данной работе описывается использование постоянного тока при передаче электроэнергии, так как передача на постоянном токе имеет ряд преимуществ.

При передаче на переменном токе мы сталкиваемся с проблемой – реактивной мощностью, которая составляет существенную часть потерь в линии электропередач. С реактивной мощностью же связано и неэффективное использование сечения проводника, а соответственно и ограничение по передаче всей необходимой активной мощности. При передаче на постоянном токе понятие «реактивная мощность» отсутствует вообще, проводник используется на все 100 % активной мощности.

Постоянный ток не подвержен поверхностному эффекту (скинн-эффекту), т.е. сечение проводника используется полностью. Следовательно, при одном и том же сечении проводника на постоянном токе можно передать больше мощности.

На постоянном токе нет этих «злых» гармоник, которые имеются на переменном.

Трёхфазное переменное питание требует трёх проводников, а постоянный ток обходится двумя или одним, а это уже означает об уменьшении зоны отчуждения, что имеет экологическую и экономическую выгоду.

При переходе на постоянный ток три фазных провода, используемых для передачи переменного тока, можно будет использовать, допустим, следующим образом: два провода используются для биполярной передачи постоянного тока, а третий – как горячий резерв. Это увеличит надёжность электроснабжения.

Конечно же, при передаче на постоянном токе имеются и недостатки. Самый существенный из них – дороговизна преобразовательной техники, но и это перестаёт быть существенной проблемой, когда речь идёт о передаче огромных мощностей на большие расстояния и о надёжном электроснабжении. К тому же есть тенденция, что электроника с каждым днём дешевеет, а медь, наоборот, дорожает.

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА НПЗ ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»

К.Е. ШУРУПОВА, (ф) УГНТУ, в г. Салават
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ВИЛЬДАНОВ

Для производств НПЗ высокая доля затрат на энергоресурсы, поэтому актуальным является вопрос энергоэффективности.

Причины высокой энергоёмкости НПЗ:

1. высокая энергоёмкость основного оборудования;
2. неэффективное расходование энергоресурсов;
3. общее моральное устаревание оборудования и его физический износ.

Предлагается комплекс решений в области автоматизации управления энергоресурсами: комплексный учет энергоресурсов; АСУ электротехнического и теплотехнического оборудования; релейная защита и противоаварийная автоматика.

Пути оптимизации электропотребления промышленных предприятий:

1. подбор оптимального решения электроснабжения объекта, поиск баланса между подключением к электрическим сетям и внедрением собственной генерации;
2. работы по подключению объекта к действующим электрическим сетям;
3. работы по проектированию, поставке, монтажу и пуско-наладке мини ТЭЦ;
4. проектирование, поставка, монтаж и пуско-наладка трансформаторных подстанций до 110 кВ, включая установку оборудования, компенсация реактивной мощности и фильтро-компенсирующие установки;
5. автоматизация создаваемой системы электроснабжения.

УДК 621.313.33

МАГНИТНЫЕ ПОТЕРИ В МНОГОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ, ИХ УЧЕТ И ОЦЕНКА

А.Г. ЛОГАЧЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Процесс преобразования энергии в электрических машинах сопровождается потерями. Для электродвигателей различают механические, магнитные и электрические потери. Основной процент составляют электрические потери, но в определенных режимах, таких как, например, работа электродвигателя с нагрузкой меньше номинальной, магнитные потери также вносят существенный вклад в суммарные потери. Следовательно, их учет и оценка весьма важны.

Как известно, порядка 60 % нагрузки энергетической системы составляют асинхронные двигатели. Сегодня является перспективным направление исследования и разработки многофазных электродвигателей, то

есть электродвигателей с количеством фаз статора, большим 3. Поэтому данная работа посвящена сравнительной оценке магнитных потерь для асинхронных двигателей с количеством фаз статора 3, 12, 24, 48 и 96. В расчете учитываются потери в стали, обусловленные перемагничиванием сердечника статора. Потери в стали включают в себя потери на гистерезис и потери на вихревые токи. Номинальная мощность двигателей $P_{\text{ном}} = 630$ кВт, номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 380$ В, номинальная частота вращения $n_{\text{ном}} = 3000$ об/мин принимаются одинаковыми для всех вариантов.

Целью данной работы является расчет магнитных потерь многофазных асинхронных двигателей, оценка и сравнительный анализ полученных результатов. Результаты могут быть использованы для выявления оптимальных соотношений величины магнитных потерь с количеством фаз статорной обмотки асинхронного двигателя.

УДК 621.311.019.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Д.С. ЛЕВИН, А.В. КАРНАУХ, СГТУ, г. Саратов
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.Г. УГАРОВ

Из-за высокой стоимости строительства новых воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) необходимо производить мероприятия, направленные на повышение надежности и эффективности эксплуатации как уже существующих, так и строящихся ВЛЭП, что может быть достигнуто введением в эксплуатацию резервной фазы и применением управляющих устройств – фазоповоротного устройства (ФПУ) и статического тиристорного компенсатора (СТК) для создания управляемых линий.

Целью работы является исследование и разработка моделей управляемых (гибких) воздушных линий электропередачи УВЛЭП (FACTS) с резервной фазой, позволяющие эффективно решать задачи оптимизации электропередачи и электроснабжения.

В качестве резервной фазы предлагается использование грозозащитного троса с обеспечением необходимого уровня его изоляции, причем в грозовой сезон трос используется по своему основному функциональному назначению – для защиты ВЛ от поражений молнией, а при однофазных повреждениях (более 70 %), пофазном ремонте, пофазной плавке отложений используется как резервный провод для передачи

электроэнергии. К тому же даже при двухфазных повреждениях остается возможность хоть и частично, но сохранить электроснабжение потребителя переводом линии в неполнофазный режим работы.

Таким образом, использование резервной фазы, позволит увеличить надежность линий, а ФПУ и СТК позволят компенсировать возникающую при этом несимметрию. К тому же ФПУ и СТК позволяют наряду с симметрированием производить регулирование передаваемой мощности, что делает линию управляемой. Поэтому данный комплекс мероприятий по использованию резервной фазы, ФПУ и СТК в сложившихся условиях высокой стоимости строительства новых линий позволит с максимальной эффективностью использовать действующие и строящиеся ВЛЭП, создавая их управляемыми, улучшая тем самым технико-экономические показатели электроэнергетических систем и электротехнических комплексов в целом.

УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В СХЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

К.А. КОРШУНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Надёжное электроснабжение потребителей с наименьшими потерями электрической энергии в распределительных сетях остается на сегодня основной задачей для электроэнергетики. В данной работе описывается использование постоянного тока в схеме электроснабжения предприятий.

При выборе рода тока для питающей схемы нужно исходить из того, какие потребители преобладают на предприятии. Если это мощные синхронные двигатели с частотным регулированием (ЧР), плавильные печи, либо сварка, то целесообразно будет использовать для питания постоянный ток. Его основные преимущества – это отсутствие высших гармоник, наличие только активного сопротивления, отсутствие скин-эффекта, передача по двум, либо одному проводам. При этом, сохранив использовавшиеся ранее 4-х жильные кабели и шинопроводы, можно обеспечить наличие горячего резерва, что вдвое повысит надежность схемы электроснабжения. Несомненно, часть коммутационной аппаратуры (автоматические выключатели, контакторы) потребуется заменить на соответствующие типу тока. Цепь частотно-регулируемого привода (ЧРП) упростится в связи с отсутствием в схеме выпрямителя. Это положительно скажется на

надежности и потерях. Основная масса современных потребителей питается постоянным током. Вся компьютерная, аудио- и видеотехника использует для работы постоянный ток, преобразуя его из переменного. Освещение цехов (если это лампы накаливания или люминесцентные лампы) без проблем будет функционировать на постоянном токе. А в дальнейшем возможно развитие светодиодных светильников, которым так же требуется постоянный ток.

Таким образом, использование постоянного тока для электроснабжения позволяет сократить расходы на потери и частично обеспечивает экономию проводникового материала. В то же время появляется необходимость в установке дорогостоящей преобразовательной техники. Следовательно для окончательного выбора схемы электроснабжения требуются дополнительные исследования и проведения технико-экономического расчета.

УДК 621.365

НОВЫЙ СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

К.А. АЧАКОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.С. ЗИМИН

Очистка масла от воды и других примесей является актуальной проблемой. Известные технологии регенерации отработанных трансформаторных масел обязательно сопровождаются подогревом масла до определенных температур. Как правило, на нагрев тратится от 90 % до 95 % активной мощности установки регенерации масла. Таким образом, проблема нагрева является определяющей в технологии регенерации масла. В данном случае реальное применение могут найти три способа электронагрева: сопротивлением, индукционный и диэлектрический.

В настоящее время в установках регенерации и осушки масел доминирует нагрев сопротивлением в виде трубчатых электронагревателей (ТЭН). Он достаточно прост, надежен, мобилен, но энергоемок и инерционен. Нагрев происходит с передачей энергии путем теплопроводности и конвекции. Вследствие неравномерного температурного поля присутствуют тепло- и массообменные процессы в слоях масла. Имеют место локальные перегревы областей контактирующих с источником тепловой энергии. Это вызывает газообразование и разложение масла, что негативно влияет на качество самого масла и на экологию.

Поэтому вызывает интерес комбинация двух наиболее эффективных методов нагрева – индукционного и диэлектрического. На первой стадии регенерации, когда фактор потерь достаточно высок, используется диэлектрический нагрев. В то же время его интенсивность по мере сушки и очистки уменьшается, т.к. фактор потерь $\epsilon tg\delta$, по мере удаления воды и других примесей снижается и, соответственно, энергии в диэлектрике выделяется меньше, чем первоначально в грязном и увлажненном масле. По мере очистки масла целесообразен переход на индукционный нагрев.

Принципиально теплообменный аппарат для индукционного нагрева трансформаторного масла можно представить в виде двух осесимметричных стальных цилиндров, в кольцевом зазоре между которыми находится нагреваемое масло. Величина кольцевого зазора определяется производительностью установки, её габаритами и температурой нагрева. Индуктор может охватывать внешнюю трубу или находиться во внутренней трубе, или там и там одновременно.

УДК 621.313.14.

МАШИНА ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Р.Т. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

В настоящее время создание бесколлекторных машин постоянного тока (МПТ) больших мощностей считается вполне возможным. Это объясняется тем, что современные полупроводниковые элементы способны коммутировать весьма большие токи и напряжения.

Новизной исследования является разработка бесколлекторной МПТ с полупроводниковым коммутатором, элементы которого способны коммутировать напряжение до 6,5 кВ. Данная машина может работать в двух режимах, при которых в работу включены либо все полупроводниковые элементы коммутатора, либо только часть из них. Использование всех элементов обеспечивает плавность хода машины при малых скоростях или при пуске. При этом ток в обмотках якоря является переменным. После разгона МПТ рассматривается возможность отключения половины из всех элементов. В этом случае ток в обмотках якоря становится постоянным. Это позволяет повысить КПД МПТ при больших скоростях за счет устранения потерь на гистерезис в магнитопроводе якоря. Кроме того, предлагается

использование вспомогательного контактного устройства для управления полупроводниковыми элементами, которое по сравнению с обычными датчиками положения ротора, является более экономичным и помехоустойчивым.

Авторами разработана принципиальная электрическая схема машины постоянного тока.

Преимущества бесколлекторной МПТ: возможность разработки машин постоянного тока больших мощностей с высокими напряжениями; возможность использования МПТ с адаптированной системой управления для сложных технологических процессов; повышение КПД машины постоянного тока.

УДК 621.3: 519.8

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСРЕДНЕННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

А.Н. БИРЮКОВ, СамГТУ, г. Самара

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. СТЕПАНОВ

При оценке графиков электрической нагрузки (ГЭН) часто приходится прибегать к методу имитационного моделирования (ИМ). Причём некоторые параметры необходимо получать с учётом осреднения по времени θ . В этом случае анализ высших моментов функции исходного графика обычными методами интегрирования (методы прямоугольников и трапеций) приводит к заведомой погрешности результатов.

При ИМ периодических ГЭН мощности группы зависимо работающих ЭП, индивидуальные графики которых соответствуют режиму «включен-выключен», предлагается использовать функциональную зависимость осредненной мощности:

$$P_{\theta}(t) = \sum_{i=1}^n P_{\theta i}(t) = \sum_{i=1}^n \int_{\theta}^t P_i(t) dt, \quad (1)$$

где i – номер ЭП или технологической операции ЭП;

n – количество ЭП в группе или технологических операций за период;

$P_{\theta i}(t)$ – мощность ЭП за время в течение цикла $T_{ц}$, аналитическая зависимость которой получена в более раннем исследовании.

Поскольку осреднённый ГЭН таких ЭП представляет собой систему линейных уравнений, ограниченных интервалами, кратными шагу

имитационной модели h , для вычисления интеграла от функции m -степени в ИМ допустимо использовать упрощающее алгоритм вычисления выражение:

$$\int_0^{T_{\text{ц}}} P^m(t) dt \approx \frac{h}{m+1} \sum_{r=0}^m P^m(t_r) \quad (2)$$

Предлагаемая методика позволяет повысить точность при определении расчётной электрической нагрузки токопровода с учётом его постоянной времени нагрева, а также в оценке дисперсии, асимметрии и эксцесса, используемых при вероятностном моделировании ГЭН.

УДК 621.311.04

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЧАСТОТЫ

И.Б. ДАНИЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Частота – общесистемный параметр, определяется балансом активной мощности в системе. При возникновении дефицита активной мощности в системе происходит снижение частоты до такого значения, при котором устанавливается новый баланс вырабатываемой и потребляемой электроэнергии. Небольшие кратковременные отклонения частоты практически не отражаются на работе электроприемников и поэтому могут не учитываться. Длительные же отклонения частоты могут приводить к ущербу у потребителей электроэнергии.

Анализ работы предприятий с непрерывным технологическим процессом показал, что большинство технологических линий оборудовано механизмами с постоянным и вентиляторным моментами сопротивлений, а их приводами служат асинхронные двигатели. Частота вращения двигателей пропорциональна изменению частоты сети, а производительность технологических линий зависит от частоты вращения двигателя. При значительном повышении частоты в энергосистеме, что может быть, например, в случае уменьшения (сброса) нагрузки, возможно повреждение оборудования.

Влияние изменения нагрузки потребителей при изменении частоты можно проанализировать с помощью статических характеристик обобщенного узла нагрузки от частоты, приведенных на рис.1.

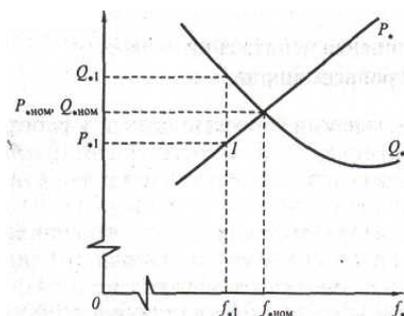


Рис.1. Статические характеристики по частоте обобщенного узла нагрузки

В соответствии с ГОСТ 13109-97 частота должна находиться в пределах $50,0 \pm 0,2$ Гц не менее 95 % времени суток, не выходя за предельно допустимые $50,0 \pm 0,4$ Гц.

УДК 621.311.1.019.3

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10, 35, 110 кВ

С.И. КУПРИЯНОВ, СФ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. КАВЧЕНКОВ

Надежность электроснабжения потребителей является одной из главных функций электросетевых предприятий. В работе исследуются статистические данные за 2008–2009 года об отказах и восстановлениях воздушных линий (ВЛ) напряжением 6–10, 35 и 110 кВ, протяженностью соответственно 19491, 3289 и 4237 км. Строятся и анализируются вероятностные модели, характеризующие свойства безотказности и восстанавливаемости.

Исследования показали неравномерность потока отказов ВЛ. Наименьшее значение имеют место осенью и зимой, а наибольшее весной и летом, что объясняется проведением профилактических работ для подготовки электрической сети к осенне-зимнему периоду.

Свойство восстанавливаемости электрических сетей исследовалось по показателям, описывающим случайную величину времени восстановления. Установлено, что для ВЛ 6–10 кВ за 2009 год время восстановления лежит в диапазоне от 0 до 75 часов, максимальная вероятность восстановления принадлежит интервалу от 0 до 6 часов с доверительной вероятностью 0,77, а среднее время восстановления оценивается величиной 4,6 часа. Для

статистических данных 2008 года вероятностная картина восстановления сохраняется с оценкой среднего времени восстановления 2,8 часа с доверительной вероятностью 0,85. Для ВЛ 35 кВ установлен диапазон изменения времени восстановления от 0 до 71 часа (за 2008 и 2009 года), а среднее время восстановления равно 12,43 и 16,87 соответственно. Для ВЛ 110 кВ диапазон изменения времени восстановления составляет от 0 до 54 часа (за 2008 и 2009 года). А среднее время восстановления равно 8,9 и 11,15 соответственно.

Выполнена оценка комплексного показателя надежности – коэффициента готовности, величина которого за 2008 и 2009 года составляет: 0,997 и 0,993 для ВЛ 6–10 кВ, 0,995 и 0,991 для ВЛ 35 кВ, 0,996 и 0,995 для ВЛ 110 кВ соответственно.

Таким образом, получены новые результаты о надежности ВЛ 6–10, 35, 110 кВ, которые могут быть использованы для предупреждения нарушений в работе ВЛ и повышения их надежности.

УДК 621.311.4:621.3.019.3

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗАВОДА ООО «АЛНАШИ АГРОХИМ»

А.В. АНТОНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

Рассмотрена проблема надежности электроэнергетических объектов, которая является основным в комплексе предъявляемых к ним требований. В некоторых энергетических системах число аварий достигает нескольких десятков в год, а годовой недоотпуск электрической энергии в результате аварий – несколько миллиардов киловатт-часов. При такой высокой аварийности оценка надежности отдельных видов оборудования и установок и поиск возможных путей повышения надежности становятся первоочередными задачами. С другой стороны, оценив ущерб, нанесенный потребителям перерывом электроснабжения, убытки, вызванные аварийным ремонтом, а также расходы, связанные с повышением надежности, можно ставить вопрос об оптимальном уровне надежности электроэнергетических установок.

С внедрением новой техники проблема надежности основного оборудования становится одной из главных. Развитие современной аппаратуры характеризуется значительным увеличением ее сложности.

Важным фактором диагностики, которая позволяет в режиме реального времени отслеживать аварийное состояние заслонок, вентиляторов, клапанов, насосов, засорение воздушных фильтров, является падение уровня воды в камерах орошения. Во всех перечисленных случаях оператору выдается соответствующее сообщение и принимается решение по установке текущего процесса.

Исследования поведения аппаратуры во время эксплуатации и оценка ее качества определяют ее надежность. Для количественного выражения надежности объекта и для планирования эксплуатации используются специальные характеристики – показатели надежности. Они позволяют оценивать надежность объекта или его элементов в различных условиях и на разных этапах эксплуатации.

УДК 621.31.003

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В.С. ПАНФИЛОВ, СФ МЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. КАВЧЕНКОВ

В современных рыночных условиях покупки электроэнергии на оптовом и розничном рынках актуальной является задача планирования на сутки вперед. С 1 января 2011 года доля либерализации достигнет 100 %.

Основой рынка на сутки вперед является конкурентный отбор ценовых заявок поставщиков и покупателей за сутки до реальной поставки электроэнергии с определением цен и объемов поставки на каждый час суток. Если происходят отклонения от запланированных на сутки вперед объемов поставки, то участники рынка с определенными рисками (издержками) продают или покупают их на балансирующем рынке.

Задача повышения эффективности планирования состоит в том, что покупателю при прогнозировании нагрузки необходимо пользоваться не только принципом наибольшей вероятности возникновения нагрузки, но и учитывать величину финансовых издержек, которые могут возникнуть при превышении или занижении величины планируемого заявленного объема потребленной энергии с последующей платой за отклонение.

Полученные результаты показывают, что на оптовом рынке средневзвешенные цены на электроэнергию установлены так, чтобы риск финансовых потерь от занижения прогнозируемой нагрузки был меньше, чем

от завышения, тем самым косвенно стимулируя потребителей на экономию электроэнергии.

В работе анализируются суточные графики нагрузок металлургического предприятия, строятся вероятностные модели электропотребления для каждого часа суток с использованием предшествующей и текущей информации.

Рассчитываются и исследуются числовые характеристики, случайные процессы электропотребления; анализируются причины неравномерности графиков.

Полученные вероятностные модели позволяют с заданной точностью и достоверностью прогнозировать нагрузку предприятия, оценивать риски отклонения фактической нагрузки от их плановых значений.

УДК 621.311.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ «ОАО АСПК»

С.Р. АХМАДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

Задача оптимизации электрической сети является многокритериальной, поскольку ее решение должно учитывать условия экономичности, надежности, качество электроэнергии и охраны окружающей среды.

Методы оптимального проектирования должны учитывать динамический характер развития электрической системы и ее сети.

Целью работы является оптимизация схемы электроснабжения предприятия «ОАО АСПК», что в свою очередь, является транспортной задачей электроэнергетики. Для достижения этой цели используется метод потенциалов, который является модификацией распределительного метода. Выбор этого метода объясняется удобством его использования и небольшой трудоемкостью в подготовке исходной информации. Оптимизации подлежат затраты на схему электрической сети, состоящей из кабельных линий, потребителей (в основном на предприятии установлены асинхронные двигатели 0,4 кВ) и т.д. Затраты на электрическую сеть равны сумме произведений удельных стоимостей на величины передаваемой мощности от источников i к потребителям j . Поэтому подлежащая минимизации целевая функция имеет следующий вид:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

Оптимальная схема электроснабжения приведет к уменьшению потерь электроэнергии, более рациональному использованию проводникового материала.

УДК 621.3.05

ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ

А.С. ШЕВАРУХИН, О.А. САВИНКИНА, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. тех. наук, с.н.с. В.М. ЕФРЕМЕНКО

Бюджетные организации, планируя свои расходы на ближайшие месяцы, определяют расходы на электроэнергию, исходя из потребленной электроэнергии за предыдущие месяцы. Отсутствие методики расчета ожидаемого электропотребления приводит к его необоснованному завышению и как следствие к нерациональному расходованию бюджетных средств. Прогнозирование электропотребления на бюджетных предприятиях усложняется наличием случайных факторов, оказывающих влияние на электропотребление, и отсутствием на промышленных предприятиях как такового технологического процесса. Так в школах основной нагрузкой является освещение и спрос на нее определяется количеством уроков и тем, в какое время они проводятся. В театрах, домах культуры величина потребленной электроэнергии определяется количеством спектаклей, репетиций и оборудованием, которое при этом задействуется. Для больниц прогнозирование усложняется наличием различных корпусов, не оснащенных отдельными приборами учета.

Существующие методы прогноза электропотребления либо дают большую погрешность, либо вовсе не могут быть применены. Так, например, нормативные методы наряду с большой погрешностью не применимы даже для однотипных потребителей. Удельное электропотребление на единицу площади или одного учащегося изменяется в течение года и из года в год. Электропотребление любого объекта зависит от ряда факторов. Каждый фактор в большей или меньшей мере влияет на электропотребление. Корреляционно-регрессионный анализ позволяет установить причинно-следственные связи явлений и процессов, когда изменение одного из них – причины ведет к изменению другого – следствия. Этот анализ позволяет оценить влияние множества случайных факторов X на исследуемый параметр Y . Но и этот метод имеет ряд сложностей при его применении.

Наиболее точно и с учетом максимального количества факторов, влияющих на электропотребление, производится прогнозирование с помощью нейронной сети. Нейронная сеть выявляет не только связь между фактором и исследуемым параметром, но и между самими факторами.

УДК 621.311.4

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ НА ПОТРЕБЛЯЕМУЮ МОЩНОСТЬ И СВЕТОВУЮ ОТДАЧУ

Б.Ф. АХМЕТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В последнее время во всем мире огромное значение уделяется экономии электроэнергии. В связи с этим появилось новое понятие - энергосберегающие технологии. Что под этим подразумевается? Во-первых, это повсеместное вытеснение традиционных источников света, таких, как лампы накаливания, галогенные лампы, и замена их на лампы с высокой светоотдачей (люминесцентные ртутные, натриевые высокого давления и т.д.) Во-вторых, это замена традиционных электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) на современные – электронные пусковые регулирующие аппараты (ЭПРА), применяемые как для питания люминесцентных ламп, так и для ламп высокого давления.

Электромагнитные ПРА с рабочим током частотой 50 Гц имеют большие габариты и значительную массу, кроме того, велики и собственные потери в дросселях. Мощность потерь в электромагнитном ПРА может достигать до 40 % от мощности лампы, что резко снижает энергоэкономичность светильника. По сравнению с обычными ПРА электронный аппарат дает примерно 20 %-ю экономию электроэнергии, которая является результатом двух эффектов: почти 50 %-м снижением потерь мощности в электронном ПРА и повышением световой отдачи ламп при питании их током высокой частоты.

Становятся очевидными преимущества применения ЭПРА в сетях с пониженным напряжением для экономии электроэнергии.

Для примера можно рассмотреть зависимость мощности на лампе от прикладываемого к ней напряжения. Так, стандартная лампа ДНаТ-400 при $V_{пит} = 220$ В потребляет 400 Вт, что соответствует номинальному режиму работы. При снижении напряжения на 10 % ($V_{пит} = 198$ В) на лампе остается лишь 337 Вт, а при увеличении на 10 % ($V_{пит} = 242$ В) лампа потребляет 465

Вт. Как видно, при разбросе сети всего лишь на 10 % мощность на лампе изменяется более чем на 15 %, что приводит к резкому снижению срока службы лампы. ЭПРА позволяет увеличить срок службы лампы еще и в силу того, что происходит ограничение пускового тока лампы.

УДК 621.316.016.25

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ, КузГТУ, г. Кемерово
Науч. рук. канд. техн. наук, с.н.с. В.М. ЕФРЕМЕНКО

На сегодняшний день ввиду значительного снижения объемов промышленного производства, произошедшего в России в последние десятилетия, на большинстве промышленных предприятий сложилась ситуация, при которой системы электроснабжения эксплуатируются не в номинальном режиме. Так, одной из наиболее существенных проблем является низкий уровень загрузки электрооборудования. Снижение уровня загрузки электрооборудования приводит к увеличению потерь электроэнергии в промышленных электрических сетях и, как следствие, к дополнительному непроизводительному расходу электроэнергии.

В данных условиях на промышленных предприятиях значительно увеличилась доля потерь электроэнергии, обусловленная малой загрузкой силовых трансформаторов. При малых нагрузках потери электроэнергии в трансформаторах могут быть весьма существенными, т.к. при снижении коэффициента загрузки трансформаторов происходит относительное увеличение потребляемой ими реактивной мощности намагничивания, которая расходуется на создание магнитного потока холостого хода. Проведенные нами исследования показали, что при снижении коэффициента загрузки трансформаторов менее 0,3 их коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi$ увеличивается в 1,5–2 раза по отношению к нормируемому значению.

Поэтому актуальной и практически значимой задачей является выявление в системах электроснабжения промышленных предприятий малозагруженных силовых трансформаторов с последующим проведением мероприятий по рационализации их эксплуатации: замена трансформаторов, систематически имеющих коэффициент загрузки менее 0,3; перевод нагрузки трансформаторов, временно имеющих коэффициент загрузки менее 0,3 на

другие трансформаторы, а также отключение трансформаторов на время работы на холостом ходу. Реализация указанных мероприятий должна способствовать естественному уменьшению реактивной мощности, потребляемой силовыми трансформаторами, снижению $\text{tg}\varphi$ и уменьшению потерь электроэнергии в промышленных электрических сетях.

УДК 621.311

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

И.А. ГИНИЯТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В этой работе описаны средства, способы и экономическая выгода компенсации реактивной мощности в осветительных сетях.

Экономия электроэнергии в осветительных установках имеет важное значение, так как в РФ на нужды освещения расходуется около 13 % всей вырабатываемой электроэнергии. Установленная мощность осветительных электроприемников на различных промышленных предприятиях колеблется от 1 до 20 % мощности силового электрооборудования.

Как установлено, низкое значение коэффициента мощности разрядной лампы обуславливает существенное снижение эффективности работы осветительных электрических сетей и систем электроснабжения в связи с пропусканием по сетям значительного количества реактивной мощности. Анализ параметров и режимов осветительных электрических сетей указал на наличие в них ряда особенностей, определяющих условия компенсации реактивной мощности в них. Важнейшими из них являются слабая корреляция графиков нагрузки и реактивной мощности, а также протекание в них мощности искажения. Наличие указанных особенностей ограничивает возможность применения традиционных методов комплексного решения вопросов регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности в сетях с помощью батарей статических конденсаторов (БСК) и делает необходимым применение специальных методов, обеспечивающих решение задачи компенсации в условиях слабой корреляции графиков нагрузки и реактивной мощности, а также наличия искажения кривых тока и напряжения. В таких случаях целесообразно использование фазопереключаемых вольтодобавочных трансформаторов. Использование в них достоинств магнитной и полупроводниковой техники в сочетании с

подключением вторичных обмоток к различным фазам питающей сети позволяет достаточно простым и эффективным способом решать вопросы регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности. Более того, возможность создания большого числа комбинаций модуля и фазы добавочной ЭДС открывают возможность для развязанного управления режимами напряжения и реактивной мощности.

УДК 621.313.3.001.24:621.311:628.26

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ, ПРИВОДИМЫХ ПАРОВЫМИ ТУРБИНАМИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ОТБОРАМИ ПАРА

М.А. ИЗВОЛЬСКИЙ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.В. БУЛАНОВА;
канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ

В настоящее время все большую роль на крупных промышленных предприятиях приобретают собственные источники электрической энергии. Увеличение их числа усложняет возможные режимы работы системы электроснабжения промышленного предприятия (СЭПП) и обуславливает необходимость их прогнозирования с помощью программного обеспечения.

Актуальным остается исследование переходных режимов в СЭПП, имеющих турбогенераторы, поскольку большая часть энергии выдается ТЭЦ. Особенность таких турбин – ограничение возможности регулирования пара при сбросе нагрузки из-за наличия ответственных потребителей тепла.

Как известно, изменение тепловой нагрузки при неизменном расходе топлива приводит к отклонению давления в котле. При снижении нагрузки растет давление в барабане и увеличивается температура кипения, поэтому часть тепла от экранных труб расходуется на дополнительный подогрев воды. Парообразование уменьшается, снижается паросодержание в экранных трубах и барабане, уменьшается удельный объем пара. Это вызывает падение уровня воды в барабане. При неизменном расходе топлива и питательной воды изменение паровой нагрузки в первый момент времени вызывает набухание уровня. Через некоторое время уровень начинает изменяться в зависимости от характера изменения тепловой нагрузки.

Таким образом, при участии автора разрабатываются математические модели турбогенераторов для расчета электромеханических переходных процессов в СЭПП, имеющих собственные ТЭЦ. Модели учитывают

ограниченные возможности действия автоматических регуляторов скорости, а также последующее изменение момента и параметров подаваемого на турбину пара с учетом характеристик котла и работы котельной автоматики.

Разработанные математические модели источников питания позволят с помощью соответствующего программного обеспечения исследовать переходные электромеханические процессы в СЭПП, имеющих собственные теплоэлектроцентрали, и оценивать их устойчивость более корректно.

УДК 621.311.04

ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ГРАФИКА НАГРУЗКИ

Е.А. МИРОНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Существуют различные расчетные формулы для определения k_3 и τ в зависимости от вида графика нагрузки. Цель данной работы – определение погрешностей (систематическая погрешность – $\Delta_{эа}$, случайная – $(+/-) \delta_э$) k_3 и τ для реальных графиков нагрузки и выработка рекомендаций по их использованию в практических расчетах.

Существует непосредственная связь k_3 и τ

$$\tau = k_3^2 k_3^2, \quad (1)$$

где $k_3 = N_{ср} / N_{макс}$ – коэффициент заполнения графика. Величины τ и k_3 функционально связаны между собой множителем λ , поэтому далее рассматриваются формулы только для расчета τ .

$$\begin{aligned} \text{при } \lambda < 1 \quad \tau_1 &= k_3^2 + \frac{(1-k_3)^2 (k_3 - k_{мин})}{2 k_3 k_{мин}}; \\ \text{при } \lambda \geq 1 \quad \tau_1 &= k_3^2 + \frac{(1-k_3)(k_3 - k_{мин})^2}{1 + k_3 - 2k_{мин}}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{где } \lambda = \frac{k_3 - k_{мин}}{1 - k_3}.$$

$$\tau_2 = 2k_3 - 1 + \frac{(1 - k_3)(1 - k_{мин})^2}{1 + k_3 - 2k_{мин}}; \quad (3)$$

$$\tau_3 = k_3^2 \left[1 + \frac{3}{4} \cdot \frac{(1 - k_{\min})^2}{(1 + k_{\min})^2} \right]; \quad (4)$$

$$\tau_4 = [2k_3^2 + k_3 - k_{\min}(1 - k_3)] / 3; \quad (5)$$

$$\tau_5 = 0,34k_3 + 0,66k_3^2 \quad (6)$$

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1) наименьшую случайную погрешность обеспечивает формула (2) – 10,8 %, незначительно ей уступает формула (5) – 11,4 %;

2) при расчете систематической погрешности преимущество имеет формула (6), имеющая практически нулевую систематическую погрешность.

УДК 621.314.57

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА, ПИТАЮЩИХСЯ ОТ ТИРИСТОРНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

В.М. ТАРАСОВ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.В. БУЛАНОВА;

канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ

Совершенствование технологических процессов металлургической промышленности сопровождается повышением требований к приводам и, как следствие, внедрению тиристорных преобразователей. Другой тенденцией развития является повышение энергоемкости выпрямительной нагрузки, оказывающей влияние на величину регулирующего эффекта. В таких условиях для расчета и планирования эксплуатационных режимов необходимо определение регулирующего эффекта выпрямительной нагрузки в виде статических характеристик по напряжению и частоте. В имеющихся научных работах методы получения статических характеристик имеют ряд недостатков, затрудняющих их практическое применение. При этом вопросы моделирования привода электродвигателей постоянного тока, питающихся от тиристорных преобразователей, исследованы недостаточно.

Для определения регулирующего эффекта таких нагрузок приемлем интегральный метод определения энергетических показателей, исследуемый в работах О.А. Маевского, в основу которого было положено понятие приведенной реактивной мощности нелинейных цепей. На базе данного метода была разработана методика определения статических характеристик выпрямительной двигательной нагрузки и получены соответствующие математические модели. Проблема расчета зависимости потребляемой

двигателем активной мощности от напряжения с учетом влияния момента сопротивления на валу решена использованием итерационного счета.

Расчеты показали, что активная и реактивная мощности таких потребителей не зависят от частоты. Активная мощность не зависит от напряжения, пока имеется возможность изменять угол открытия тиристорov. При дальнейшем снижении напряжения потребляемая реактивная мощность равна нулю, а активная начинает снижаться, как и скорость механизма.

Полученные математические модели выпрямительной нагрузки входят в состав алгоритма расчета установившихся и переходных режимов систем электроснабжения промышленных предприятий. Алгоритм базируется на сочетании метода последовательного эквивалентирования и метода последовательных интервалов и положен в основу оригинального программного обеспечения. Разработанные модели и программное обеспечение позволяют исследовать режимы и формулировать рекомендации, направленные на повышение качества электроэнергии.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НИЗКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Е.В. БАЛАНДИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

В настоящее время наблюдается неуклонный рост стоимости электроэнергии и вместе с тем ужесточаются требования к качеству электроснабжения промышленных потребителей.

Для оценки технического состояния низковольтных коммутационных аппаратов исследовались сопротивления контактных соединений автоматических выключателей и магнитных пускателей среди отечественных и зарубежных аналогов.

Замеры производились с помощью микроомметра МИКО-1, относительная погрешность которого составляет $\pm 0,5\%$, а диапазон измерений – $1 \text{ мкОм} \div 20000 \text{ мкОм}$.

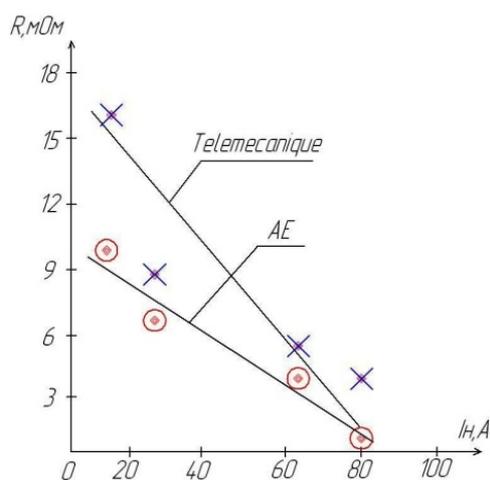


Рис. 1. Зависимость сопротивления автоматических выключателей от номинального тока

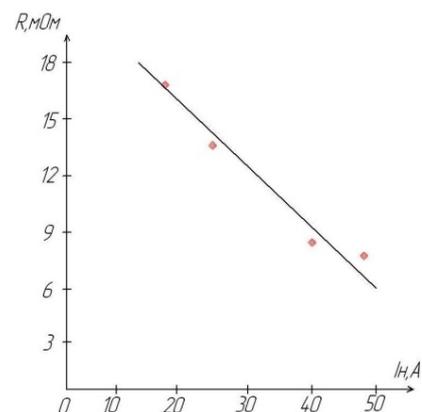


Рис. 2. Зависимость сопротивления магнитных пускателей фирмы Telemecanique от номинального тока

В результате измерений были построены графики зависимостей сопротивлений контактных соединений автоматических выключателей (рис. 1) и магнитных пускателей (рис. 2) от номинальных токов. Из графиков можно заметить, что автоматические выключатели фирмы Telemecanique на токи 16 А, 25 А, 63 А и 80 А обладают бóльшим переходным сопротивлением, чем автоматические выключатели фирмы АЕ на те же номинальные токи.

Полученные зависимости позволяют оценить техническое состояние электрооборудования.

УДК 611.311.154

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМ МОМЕНТОМ НА ВАЛУ, ПИТАЮЩИХСЯ ОТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В.М. ТАРАСОВ, А.А. ВОЛКОВ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.В. БУЛАНОВА;
 канд. техн. наук, доц. А.В. МАЛАФЕЕВ

Усовершенствование технологических пределов на промышленных предприятиях приводит к повышению мощностей нагрузки, собственных генерирующих мощностей и усложнению эксплуатационных режимов системы электроснабжения. Особую сложность представляет ведение режима электростанции при наличии резкопеременной нагрузки. Для

обеспечения качества напряжения эффективным является прогнозирование таких режимов с помощью соответствующего программного обеспечения.

Во многих случаях к резкопеременной нагрузке относятся синхронные двигатели, приводящие привода прокатных станков. Следовательно, для анализа качества напряжения и устойчивости режимов необходимо разработать математические модели промышленных двигателей.

С непосредственным участием авторов для расчета эксплуатационных режимов промышленных электростанций при наличии резкопеременной нагрузки были разработаны математические модели синхронных двигателей. Модели учитывают изменение механического момента на валу, действие автоматического регулятора возбуждения и форсировки, а также позволяют учесть влияние таких параметров питающей сети, как напряжение и частота, на мощность синхронного двигателя в условиях системы электроснабжения промышленного предприятия, имеющего собственные источники энергии.

Полученные модели использованы при разработке алгоритма расчета переходных режимов промышленных систем электроснабжения при наличии собственных генераторов и резкопеременной нагрузки. Алгоритм, полученный при участии авторов, основан на сочетании методов последовательного эквивалентирования и последовательных интервалов и позволяет оценить взаимное влияние машин в ходе расчета переходного режима. Он положен в основу программного обеспечения для расчета переходных режимов промышленных систем электроснабжения, анализа их устойчивости и разработки мероприятий, направленных на повышение качества и надежности электроснабжения промышленных потребителей.

УДК 628.9.04

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

А.М. БИКБАЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Светодиодом является полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение. Для работы светодиода необходимо обеспечить питание стабилизированным током, при незначительном изменении напряжения величина проходящего тока через светодиод меняется на существенную величину. Яркость свечения светодиода зависит от тока. При выборе драйвера светодиода важно узнать

требуется постоянное напряжение (если нагрузка – светодиодная линейка) или постоянный ток (если нагрузка – сверхъяркие светодиоды), определить выходное напряжение драйвера и выходной ток и полную мощность, уточнить диапазон рабочих температур и требования по защите от воздействий окружающей среды, оценить требования КПД, электробезопасности и электромагнитной совместимости. Важным преимуществом светодиодных светильников перед традиционными газоразрядными является возможность организовать плавное управление световым потоком (димминг) в зависимости от условий: внешняя освещенность в зависимости от времени суток, меняющихся погодных условий, присутствие человека в освещаемой зоне и т.п. Плавная регулировка световым потоком позволяет уменьшить световой поток каждого светильника до требуемого уровня, при этом выполняются нормы по энергосбережению, качеству освещения и безопасности, более полно используется внешняя освещенность, снижаются затраты на потребляемую энергию, повышая общую энергоэффективность применения такого освещения (димминг удобен для освещения автодорог и тоннелей, в сфере ЖКХ). Для обеспечения безопасности и энергосбережения реализуется автоматическое включение освещения при снижении естественной освещенности до 15...20 лк, отключение – при достижении 10 лк и при этом в ночное время в определенные часы, когда интенсивность движения ослабевает, предусматривается возможность снижения уровня освещения. Частое включение и отключение светодиодов не приводит к снижению срока службы, в отличие от люминесцентных ламп и не снижает надежности системы. Управлять яркостью свечения можно несколькими способами: изменяя количество светодиодов, изменяя значение тока, протекающего через них, с помощью симисторного регулятора мощности (TRIAC диммера).

УДК 658.26:621.31.001.57

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕНЕРАТОРОВ СОБСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГРУЗКИ

Ю.В. ИОНОВА, Ю.А. ЧИРКОВА, М.М. ТУХВАТУЛЛИН,
МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.Н. КОНДРАШОВА

Ввиду того, что количество изменений, связанных с развитием Магнитогорского энергетического узла (МЭУ), большое и их значимость существенна, можно заключить, что образуется практически новая схема электроснабжения. Так возникает необходимость рассмотрения различных конфигураций существующей схемы МЭУ с последующим сравнением по таким критериям как: анализ загруженности линий электропередач и автотрансформаторов в нормальных эксплуатационных и ремонтных режимах, анализ токов короткого замыкания, остаточных напряжений, оценка динамической устойчивости генераторов собственных электростанций, а также анализ последствий выхода на отдельную работу собственных электростанций после короткого замыкания.

Данные исследования в настоящее время являются достаточно актуальными и позволяют спрогнозировать оптимальный вариант конфигурации МЭУ для дальнейшей реализации в системе электроснабжения. Это позволит предотвратить возможные аварии и сократить нарушения сложных технологических процессов на металлургическом предприятии и время простоя электрооборудования, при этом снизив незапланированные расходы материальных средств.

Расчеты для данного исследования позволяют произвести программное обеспечение, разработанное на кафедре ЭПП «Расчет установившихся и переходных режимов и режимов замыкания на землю систем электроснабжения промышленных предприятий с собственными электростанциями». Результаты исследования позволят дать рекомендации, которые позволят повысить динамическую устойчивость тем самым обеспечат нормальное функционирование схемы МЭУ при дальнейшем развитии.

УДК 621.311.4

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ (ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СОМРАСТ NSX)

Т.А. БИКЧУРИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Н. ЦВЕТКОВ

Современные системы электроснабжения не возможно представить без многочисленных вспомогательных систем – систем телеметрии и управления. Эти системы могут быть построены на основе применения нижеследующих блоков.

Электронные расцепители Micrologic позволяют комбинировать срабатывание и «интеллектуальное» функционирование систем. Обладая диагностикой работоспособности, они выдают измерительную и эксплуатационную информацию об аппарате. Расцепители снабжены энергонезависимой памятью, которая сохраняет информацию по аварийным сигналам, хронологическим протоколам, таблицам событий, счетчикам и индикаторам техобслуживания в случае отключения питания.

Шины Modbus. Все аппараты Compact NSX могут выполнять функцию передачи данных благодаря готовой соединительной системе с модулем сетевого интерфейса **Modbus**. Соединение с интерфейсом может быть выполнено напрямую или через щитовой индикатор FDM121. Имеется четыре функциональных уровня, которые можно комбинировать для получения требуемого типа диспетчеризации: передача состояний, передача команд, передача результатов измерений, передача данных для помощи в эксплуатации.

Средства защиты электродвигателей. Расцепители Micrologic используются в схемах управления и защиты электродвигателей мощностью до 315 кВт на напряжение 400 В. Они реализуют защитные функции:

- защита от коротких замыканий;
- защита от перегрузок с возможностью выбора тех же классов расцепления 5, 10, 20 плюс класс 30 (пуск высокоинерционных машин);
- в них встроены специальные защиты электродвигателя, настраиваемые с клавиатуры;
- тепловая память ротора и статора (тепловая защита).

УДК 621.317.3

К ВОПРОСУ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВЫМ УСТРОЙСТВАМ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

К.А. БУЛЫГИН, Е.Ю. ДАНИЛЕНКОВА, СФ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. доц. А.И. АРТЕМОВ

В настоящее время в электроэнергетике всего мира и в России в частности идет процесс широкого внедрения цифровых вторичных систем измерения, учета электроэнергии, релейной защиты, противоаварийной автоматики и диспетчеризации. Благодаря этому информация не искажается при передаче и обрабатывается с помощью микропроцессорных средств.

Однако, преобладает аналоговая информация от электромагнитных ТТ и ТН и емкостных ТН всех напряжений (6, 10, 35 – 1150 кВ).

За границей выпускают ТТ с преобразователями с аналоговым выходным сигналом (0–5,10 В; 4–20 мА), датчики тока со встроенным дельта-сигма АЦП и интерфейсом RS 485 и датчики, оборудованные цифровым частотным выходом (до 10 кГц) с оптической развязкой при напряжении изоляции до 5 кВ. Имеется большая номенклатура датчиков тока, использующих «катушки Роговского» с цифровым преобразованием, что обеспечивает высокую точность амплитудного и фазного преобразования (не хуже 0,1 % и $\delta < 0,2^\circ$ (12')) в диапазоне частот 40–1000 Гц.

В последние годы появились комбинированные преобразователи тока и напряжения, которыми оцениваются значения токов и напряжений контролируемой электроустановки в «цифре». Следует отметить появление так называемых оптоволоконных цифровых измерительных устройств. Измерительные преобразователи напряжения остаются на уровне начального этапа становления энергетики.

Все эти цифровые преобразователи позволяют надеяться на создание цифровых подстанций, где вся информация циркулирует без искажений. Общая цифровизация – это магистральный путь развития измерений в энергетике, поэтому разработка и создание цифровых преобразователей тока и напряжения, особенно на высокие напряжения, является актуальной задачей. Именно этим преобразователям необходимо отвести главнейшую роль в создании цифровых подстанций. Эти датчики должны вести основную обработку измеренных величин, сохранять и передавать сведения о ней по требованию устройств информационно-измерительного комплекса учета, защиты, управления и автоматизации.

УДК 621.315.2: 620.9

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ЦЕХОВОЙ СЕТИ

Р.Ю. ВАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Серия работ была посвящена расчету потерь электроэнергии в цеховых сетях.

В общем виде потери электроэнергии ΔW в отдельной линии трехфазной сети могут быть представлены выражением

$$\Delta W = 3R \int_0^T I(t) dt ,$$

где $I(t)$ – полный ток в элементе в момент времени t ; R – сопротивление участка сети.

Для вычисления эквивалентного сопротивления цеховых сетей можно получить упрощенные выражения, обеспечивающие необходимую точность и позволяющие сократить объем требуемой исходной информации. При этом целесообразно воспользоваться методами регрессионного анализа и теории планирования эксперимента, на основе которых в ряде случаев можно получить сравнительно простые вероятностно-статистические модели, реализующие зависимость эквивалентного сопротивления сети от ее обобщенных параметров. Для решения задачи интерполяции, в которой функцией цели выступает эквивалентное сопротивление цеховой сети, в качестве факториальных признаков были выбраны следующие обобщенные параметры радиальной цеховой сети: отношение суммарной длины линий к их количеству, т.е. средняя длина линий; величина, обратная количеству линий сети ($1/n$); величина, равная среднему удельному сопротивлению линий сети при 20 °С; квадрат среднеквадратичного коэффициента загрузки линий сети; температура окружающей среды, °С.

В качестве примера для построения регрессионной модели было взято ОАО «АСПК», выявлены диапазоны изменения факторов: средняя длина линий цеховой сети – 50 – 200 м; соответствующие пределы изменения среднего сечения линий – 16 – 120 мм²; температура окружающей среды – от 5 до 35 °С.

Результаты расчетов подтверждают приемлемость применения полиномиальной модели для определения эквивалентного сопротивления цеховых сетей (радиальных). Погрешность расчетов не превышает 10 %, что соответствует пределам инженерной точности.

УДК 621.316.1.003

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЭКОНОМИЧНЫХ ЭФФЕКТИВНО ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 0,4 кВ

Д.А. СТАНЬКОВ, СФ МЭИ, г. Смоленск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.И. АРТЕМОВ

Электрические сети 0,4 кВ являются наиболее распространенными, они применяются на всех промышленных и сельскохозяйственных предприятиях,

электростанциях и подстанциях. От этих сетей во многом зависит надежная работа предприятий.

Построение первичных схем сетей 0,4 кВ определяется технологией производства, требованиями электробезопасности и надежности электроснабжения электроприемников в соответствии с ПУЭ, удобством обслуживания, технико-экономическими показателями, а также требованиями защиты и автоматики.

За последние годы существенно изменилась техническая оснащенность этих сетей: увеличились мощности распределительных трансформаторов; получили применение новые типы защитных аппаратов, способных отключать и ограничивать большие токи короткого замыкания, уменьшая их термическое и электродинамическое действие, а также современные микропроцессорные устройства защиты и автоматики.

Появилась новая нормативная документация: ГОСТы на электроустановки зданий, соответствующие международному стандарту МЭК 364-5-52, введен новый критерий надежности работы системы защиты (ПУЭ п.1.7.79, 7-е изд.), циркуляр «О проверке кабелей на возгорание при воздействии тока короткого замыкания», ГОСТ 28249-43 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» и др.

Это вносит свои особенности в построение электрических сетей 0,4 кВ, в их расчеты, устройство системы защит, выбор оборудования и т.п. Поэтому необходимо сформировать концепцию построения сетей, обладающих высокой надежностью, экономичностью и безопасностью, разработать методики выбора схемы, оборудования, защитных аппаратов и расчета параметров сети, так как существующие методики по этим вопросам не отвечают сложившимся реалиям. Такая задача поставлена в планах будущих исследований.

УДК 628.9.03

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

А.И. ВАЛИШИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Широкое многообразие источников искусственного света и светотехнических систем, разработанных и выпускаемых в настоящее время

различными фирмами, помогает нам быть независимыми от естественного освещения. Экономичный и здоровый свет повышает нашу безопасность и комфорт, сохраняет здоровье людей, способствует развитию науки и техники, увеличению производительности труда, а также уменьшает расходы ценных природных ресурсов страны для производства освещения.

В настоящее время энергоэффективной считается такая система освещения, которая создает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительного времени при низких расходах на потребление электроэнергии, эксплуатацию, капитальных затрат на приобретение и монтаж. Экономия электроэнергии на освещение не должна при этом достигаться за счет снижения норм на освещение, отключения части световых приборов или отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного света, поскольку потери от ухудшения условий освещения значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии.

Для замены ламп накаливания в разных областях все чаще применяют компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). По своим параметрам эти источники света приближаются к линейным лампам (ЛЛ): световая отдача до 75 лм/Вт, цветопередача 80–90 %, срок службы в зависимости от класса от 6–8 тысяч до 15 тысяч часов. Энергоэффективность КЛЛ в пять раз выше, чем у лампы накаливания, т.е. одна компактная люминесцентная лампа на 15 Вт сопоставима с одной лампой накаливания на 75 Вт.

Так как в основе данной энергосберегающей лампы лежит люминесцентный источник, неизбежна пульсация света, но в зависимости от производителя она происходит с разной частотой.

Что касается совместимости с разными видами цоколей патронов, то цоколь у КЛЛ бывает не только вкручивающимся, но и штырьковым. Штырьковый чаще используется в освещении коммерческих, общественных, торговых площадей, потому что эксплуатация такой лампы примерно в 2,5 раза дешевле, чем использование энергосберегающей лампы той же мощности. Как и ЛЛ, КЛЛ требует пускорегулирующего блока, только он в случае штырькового цоколя входит в состав светильника. У самой лампы есть только трубка и контакты, а надежный ПРА – часть светильника и при смене лампы не меняется. В случае же замены энергосберегающей лампы с вкручивающимся цоколем ее утилизируют вместе с ПРА.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.А. АВРАМЧЕНКО, О.В. НИКИТИНА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.Н. КЛОЧКОВА;
канд. техн. наук, доц. А.В. ОБУХОВА

Критерий оптимальности при выборе системы электроснабжения промышленного предприятия (СЭС) – наименьшие расчетные (приведенные) затраты на сеть, которые складываются из расчетных (приведенных) затрат на каждый элемент сети (ЭС). Для описания затрат на ЭС обычно используются нелинейные математические модели (ММ).

В докладе предлагается оригинальный метод линеаризации таких ММ, при котором погрешность не превышает 5 %. С целью линеаризации делаются допущения о непрерывности шкал сечений токопроводящих жил, номинальных токов уставок электроаппаратов и о линейности зависимости капиталовложений от сечений проводников и электроаппаратов.

Оптимизация с применением традиционных методов математики на основе целевой функции сложна, поэтому в предлагаемой системе автоматизированного проектирования оптимизация ведется в режиме диалога с пользователем.

При оптимизации СЭС промпредприятий были применены ММ учитывающие:

- капитальные затраты на распределительные шкафы;
- капитальные затраты на комплектные шинопроводы;
- капитальные и расчетные затраты на комплектные трансформаторные подстанции (КТП);
- капитальные и расчетные затраты на конденсаторные батареи (КБ);
- капитальные и расчетные затраты на линии электропередач (ЛЭП);
- капитальные и расчетные затрат на выработку реактивной мощности на электростанции и ее передачу по сети энергосистемы.

Распределительная СЭС представлена в виде совокупности типовых узлов нагрузки, соединенных ЛЭП. Для каждого типового узла расчетные затраты состоят из: затрат на конденсаторные батареи ($Z_{ВКБi} + Z_{НКБi}$), затраты на ЛЭП ($Z_{ли}$), питающую узел, затраты на выработку и передачу реактивной мощности с использованием синхронных двигателей (Z_{ci}). Таким образом затраты по типовому i -ому узлу:

$$Z_{yi} = Z_{ВКБi} + Z_{НКБi} + Z_{ли} + Z_{ci} + Z_{Ti}.$$

Благодаря этим математическим моделям можно значительно сократить требования к ресурсам вычислительных средств.

УДК 621.313.

ПУСК И САМОЗАПУСК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Л.Р. ГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.И. КОНДРАТЬЕВ

В электрических сетях в результате коротких замыканий случаются кратковременные – длительностью до нескольких секунд и большие понижения напряжения или перерывы питания.

Включенные в сеть асинхронные двигатели при этом начинают затормаживаться и чаще всего полностью останавливаются.

При восстановлении напряжения начинается одновременный самозапуск не отключившихся от сети двигателей.

Такой самозапуск двигателей способствует быстрейшему восстановлению нормальной работы производственных механизмов и поэтому целесообразен, а в ряде случаев даже чрезвычайно желателен.

Однако одновременный самозапуск большого количества асинхронных двигателей загружает сеть весьма большими токами, что вызывает в ней большие падения напряжения и задерживает процесс восстановления нормального напряжения.

Время самозапуска двигателей при этом увеличивается, а в ряде случаев величина пускового момента недостаточна для пуска двигателя. Кроме того, самозапуск некоторых двигателей в подобных условиях недопустим или невозможен (например, двигатели с фазным ротором с пуском с помощью реостата и двигатели с короткозамкнутым ротором с пуском с помощью реакторов и автотрансформаторов, не снабженные специальной автоматической аппаратурой для автоматического самозапуска).

Поэтому целесообразно использовать только возможность самозапуска для двигателей наиболее ответственных производственных механизмов, а все остальные двигатели снабдить релейной защитой для их отключения от сети при глубоких падениях напряжения.

УДК 621.31

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КПД АВТОНОМНОЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ

Д.М. АНДРЕЕВ, К.Ш. ВАХИТОВ, УГАТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.Ю. ПАШАЛИ

Важное место в стратегии развития электроэнергетики занимают автономные системы электроснабжения на базе ветроэнергетических установок (ВЭУ) специального и общего применения. Их крупнейшими потребителями являются топливно-энергетический, агропромышленный и машиностроительный комплексы страны.

В целях повышения надежности и КПД автономной ВЭУ (АВЭУ) для локального электроснабжения трубопроводов нефтедобывающего предприятия мощностью до 30 кВт в условиях средних ветровых нагрузок авторами предлагается использовать:

- для привода электрогенератора – быстроходный ветродвигатель с горизонтальной осью вращения;

- для профиля лопастей – профиль «Эсперо»;

- в качестве генератора – автономный асинхронный генератор с самовозбуждением от конденсаторов (асинхронных генераторов с самовозбуждением; бесконтактных синхронных генераторов; синхронных генераторов с поперечно-продольным возбуждением; асинхронизированных синхронных генераторов);

- в качестве устройств передачи электрической энергии от генератора в устройства преобразования и коммутации – оригинальных разработок кафедры ЭМ УГАТУ (поворотное устройство ветроколеса и т.д.);

- для эффективного использования энергии ветра в диапазоне его скоростей ниже расчетной внедрение системы АВЭУ-резервный источник – дизель или аккумулятор (рекомендуется использовать специально разработанные для ВЭУ аккумуляторы фирмы «BAE»);

- систему регулирования скорости вращения с электрической и механической системой поворота лопастей, что позволяет изменять угол атаки лопастей (замена гидроприводов на электроприводы позволит снизить массу системы и повысить ее надежность);

- оригинального программного обеспечения, разработанного авторами на языке *Visual Basic* для автоматизации оценки удельной мощности ВЭУ с учетом вероятностного характера скорости ветра (продолжительности затишья) для заданного района РФ и реальной высоты ветроколеса.

УДК 620.9

АНАЛИЗ И НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

М.З. ЗАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Для исследования возможности нормирования электропотребления был взят типичный потребитель электроэнергии городской молокозавод, среднегодовое электропотребление которого равно 1383,4 тыс. кВт·ч, среднесуточное зимой – 3301,4 кВт·ч, в летнее время – 4134,2 кВт·ч. На заводе установлено 356 электродвигателей мощностью от 5 до 110 кВт. Годовой объем каждого вида продукции составляет: масла сливочного – 627,5 т, цельномолочной продукции 6749,3 т, мороженого – 1139,6 т, заменителя цельного молока – 2444,6 т, сухого обезжиренного молока – 415,2 т. Исходные данные необходимо проверить в отношении погрешностей электропотребления. К месячным и суточным данным были применены критерии согласия на нормальность распределения погрешности: критерий согласия Пирсона χ^2 , критерий профессора В.И. Романовского, критерий А.Н. Колмогорова.

В качестве одной из первых таких оценок был выбран критерий согласия χ^2 . Полученное значение вероятности $P(\chi^2) = 0,9954$ показывает, что расхождения между теоретическими значениями и значениями, полученными в результате эксперимента, носят случайный характер.

В дальнейшем для изучения зависимости между электропотреблением и объемом производства, которые подвергаются случайному рассеиванию (неконтролируемому разбросу), были применены методы корреляционного анализа.

$$R = \frac{\sum_{t=1}^N W(t)V(t)}{\sqrt{\sum_{t=1}^N W(t)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^N V(t)^2}} = \frac{\sum_{t=1}^N W(t) \sum_{t=1}^N V(t)}{N \sqrt{\sum_{t=1}^N W(t)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^N V(t)^2}},$$

где $W(t)$ – электропотребление предприятия, $V(t)$ – объем каждого вида продукции, N – количества измерений, R – коэффициент корреляции.

Общий коэффициент корреляции равен 0,849, что говорит о сильной зависимости между значениями электропотребления и объема продукции.

Электропотребление отличается на величину получаемой погрешности.

УДК 621.311.04

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ОСВЕЩЕНИЯ

М.Д. КАГАРМАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Разработана экономичная пожаробезопасная резонансная система электроосвещения с использованием сверхярких светодиодов и люминесцентных ламп. Однопроводная резонансная высокочастотная электрическая система используется в качестве источника энергии. Использование провода или кабеля с одной тонкой жилой позволяет сократить расход цветных металлов, уменьшить капитальные затраты на осветительные сети, исключить возможность короткого замыкания в линиях и хищение кабелей и проводов. Использование одиночного проводника в качестве волновода для передачи электромагнитной энергии на высокой частоте основано на свойстве разомкнутой линии индуцировать на поверхности проводника электрические заряды, благодаря которым осуществляется передача электрической энергии. Однопроводниковые линии позволяют передать электрическую энергию на большие расстояния по сравнению с традиционными, уменьшить потери в линии электропередачи, исключить аварии на линии, связанные с погодными явлениями, получить экономию цветных металлов. Линия электропередачи может быть воздушная, кабельная (проложенная в земле) или может просто лежать на поверхности земли. В качестве воздушной линии можно использовать имеющиеся линии электропередачи. От однопроводниковой линии можно обеспечить питание потребителей от одного генератора, для этого достаточно к линии (3) присоединить обратных преобразователей состоящих из резонансного трансформатора (4), выпрямителя (5) и преобразователя со стандартным выходным напряжением (6).

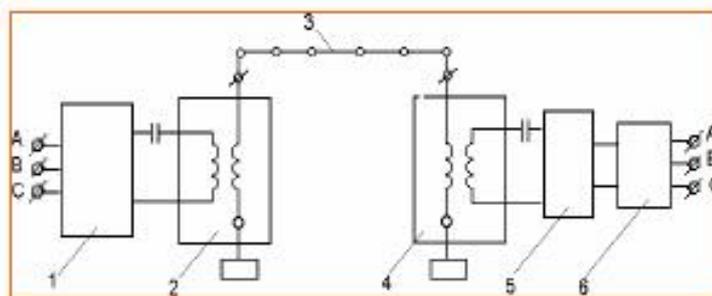


Рис. Электрическая схема РС с двумя высокочастотными (ВЧ) трансформаторами

УДК 628.9.04

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗЭЛЕКТРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Л.А. КАЗИХАНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Безэлектродная лампа работает на высокочастотном излучении устройства, называемого магнетрон и расположенного за рефлектором. СВЧ-излучение создает электромагнитное поле, приводя таким образом к возникновению плазмы с длиной волны, определяемой газовым наполнением. Сейчас получили распространение лампы, заполненные парами серы.

Достоинства новых источников света и осветительной системы сразу признали разработчики, потенциальные потребители, эксплуатационщики, дизайнеры, экологи и др. Но «триумфального завоевания» рынка этими источниками и системами и вытеснения других осветительных устройств не произошло, и, по-видимому, произойдет еще не скоро. Надо отметить, что сегодня уже реализован ряд как автономных СВЧ-световых приборов, так и осветительных систем на их основе с использованием полых световодов. Можно выделить по меньшей мере пять решаемых такими устройствами задач, каждая из которых в отдельных конкретных случаях может считаться приоритетной. Исторически первая целевая задача – достижение впечатляющего зрительного эффекта. При этом энергосбережение, качество цветопередачи, долговечность и безвредность излучения – сопутствующие достоинства этих приборов и систем. Вторая – обеспечение высокой экономичности осветительной системы в целом (включая энергосбережение, доступность, низкую стоимость монтажа и обслуживания, отсутствие проблем утилизации). Хорошее качество спектра излучения, возможность

получения мощных четко сформированных световых потоков и другие достоинства – это опять-таки сопутствующие факторы, даже неполная реализация которых не препятствует решению целевой задачи. Третья задача – достижение квазисолнечной световой среды и обеспечение комфортных условий, а то и лечебно-профилактического воздействия на человека и другие объекты живой природы при указанных выше сопутствующих достоинствах. Четвертая – предотвращение деструктивных, опасных или иных вредных воздействий УФ- и ИК-излучений на освещаемые объекты и окружающую среду, особенно при высоких уровнях освещенности. И наконец, пятая задача – обеспечение оптимальных условий формирования светового потока, излучаемого квазиточечным телом и направляемого на освещаемый объект непосредственно или с помощью устройств перераспределения света.

УДК 620.9

АГРЕГИРОВАНИЕ НОРМ ПО УРОВНЯМ ПЛАНИРОВАНИЯ

З.Л. КАЛИМУЛЛОВА, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Агрегирование норм по уровням планирования как способ расчета норм получил широкое распространение. Последовательный расчет групповых норм по уровням планирования может осуществляться прямым счетом и косвенно – от базы.

Расчет групповой нормы H «прямым» счетом осуществляется по групповым нормам H_v и соответствующим объемам производства V_v хозяйственных объектов данного уровня планирования как средневзвешенной величины:

$$H = \sum_{v=1}^l H_v V_v / \sum_{v=1}^l V_v = \sum_{v=1}^l \bar{H}_v \bar{V}_v ,$$

где $v = 1, l$ – объект (цех, предприятие) данного уровня планирования; $\bar{V}_v = V_v / V$ – удельный вес v -го объекта в общем объеме производства продукции или работы на данном уровне планирования.

Косвенное формирование групповых норм по уровням планирования предполагает агрегирование экономии и снижения норм $\Delta\Pi_H$, по которым и определяется групповая норма:

$$H = H_0 + \frac{\Delta\Pi_H}{V} .$$

Для расчета величины планируемой экономии по данным нижестоящего уровня $\Delta\Pi_H^H$ планирование необходимо учесть не только экономию ресурса за счет снижения норм по хозяйственным объектам данного уровня планирования, но и экономию за счет изменения структуры производства продукции $\Delta\Pi_H^K$:

$$\Delta\Pi_H = \Delta\Pi_H^H + \Delta\Pi_H^K .$$

Экономия ресурса в результате снижения норм по объектам данного уровня планирования определяется:

$$\Delta\Pi_H = \sum_{v=1}^l \Delta\Pi_{mv} .$$

Тогда экономия в результате изменения структуры производства продукции может быть найдена:

$$\Delta\Pi_H = \sum_{v=1}^l \Delta\Pi_{HV} + \sum_{v=1}^l (H_{6v} - H_6) V_v .$$

УДК 621.313.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА СТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

На промышленных предприятиях с целью повышения уровня напряжения и улучшения экономических показателей устанавливают конденсаторные батареи. Естественно, что установка конденсаторных батарей может сказаться на устойчивости двигателей (и статической, и динамической). Но на предприятиях анализ влияния конденсаторных батарей на устойчивость двигателей как таковой не проводится.

Под статической устойчивостью электрической машины понимается ее способность возвращаться к установившемуся режиму после малых возмущений. Нарушение статической устойчивости в своей начальной стадии может характеризоваться монотонным («апериодическим») изменением параметров режима.

Среди электроприемников промышленных предприятий преобладают асинхронные двигатели. Поэтому будет проведен расчет влияния конденсаторных батарей на статическую устойчивость асинхронных двигателей.

Для определения статической устойчивости асинхронных двигателей можно воспользоваться практическими критериями, которые используются

для анализа статической устойчивости комплексной нагрузки. Расчет состоит из двух этапов: расчет статической устойчивости асинхронного двигателя при наличии конденсаторных батарей в узле нагрузки и при отсутствии конденсаторных батарей в узле нагрузки.

По результатам расчета проводится сравнение полученных данных, рассчитывается коэффициент запаса устойчивости в обоих случаях. Затем делается вывод о влиянии конденсаторных батарей на статическую устойчивость асинхронных двигателей. На основании полученных расчетов проводится обоснование установки конденсаторных батарей в узлах нагрузки с наличием асинхронных двигателей.

УДК 621.311.4:620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Повышение энергоемкости производства, количества техники, задействованной в производственных процессах, а также постоянный рост цен на энергоносители является серьезным фактором, увеличивающим важность вопроса об экономии электроэнергии. Универсальных способов экономить электроэнергию на данный момент не существует, но разработаны методики, технологии и устройства, помогающие вывести энергосбережение на качественно новый уровень, поэтому энергосбережение и повышение энергоэффективности сегодня являются одними из самых перспективных и развивающихся направлений научно-исследовательских работ в электроэнергетике.

Проведенный аналитический обзор публикаций, научных работ по данной проблематике позволил оценить результаты исследований, определить перспективные направления дальнейших научных изысканий в данной области и в частности возможную экономию потребляемой энергии до 40 % в масштабах энергосистем Российской Федерации.

Энергосбережение в системах электроснабжения включает системы освещения, электротехники и электроники, электрические сети, электрические машины и аппараты, системы электрохимзащиты оборудования и трубопроводов промышленных предприятий и объектов

жилищно-коммунального хозяйства. Один из самых действенных способов увеличения эффективности использования энергии в этом направлении – применение современных технологий энергосбережения.

Наиболее значимые технологические проблемы с точки зрения энергосбережения в системах промышленного электроснабжения возникают из-за отказов выключателей и потерь в трансформаторах. Проанализировав их достоинства и недостатки остановил свой выбор на выключателях нового поколения и энергосберегающих трансформаторах. В результате потери значительно сократились и можно сделать вывод, что модернизация дает значительный экономический эффект.

УДК 621.311.4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ УСТАНОВКЕ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Т.А. РУССКИХ, КГЭУ, г. Казань

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

Введенный в действие Приказ Минпромэнерго, утверждающий предельное значение коэффициента реактивной мощности $\text{tg } \varphi$ для потребителей, заставил задуматься о снижении потребления реактивной энергии. Наиболее действенным и эффективным способом снижения реактивной мощности (РМ) является применение компенсирующих устройств (КУ). Существуют регулируемые и нерегулируемые КУ, наиболее эффективны автоматические регулируемые КУ. Компенсацию РМ электроустановок промышленных предприятий целесообразно осуществлять с помощью батарей статических конденсаторов (БСК), включаемых обычно параллельно электроприемникам (поперечная компенсация) или последовательно (продольная компенсация). БСК классифицируются по следующим признакам: номинальному напряжению (220–10500 В), числу фаз (однофазные, трехфазные), роду установки (наружные, внутренние), виду пропитки (минеральное масло, синтетический жидкий диэлектрик), габаритным размерам (2 размера). КУ позволяют: исключить генерацию РМ в сеть в часы минимальной нагрузки; стабилизировать напряжение, добиться надежности и экономичности СЭС.

При оценке потребляемой РМ рассчитывается коэффициент мощности $\cos \varphi$ ($\operatorname{tg} \varphi$). Целесообразность применения КУ анализируется на основании технико-экономического расчета и срока окупаемости установок.

УДК 621.311.4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БАТАРЕЙ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ ООО «МОЛОТ»

А.В. САРАЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Недокомпенсация реактивной мощности непосредственно у потребителей может привести к ряду негативных последствий: общему снижению уровней напряжения в распределительных сетях, на шинах потребителей, снижению качества электрической энергии; увеличению потерь активной мощности в элементах электрической сети; увеличению токовой нагрузки электросети, снижению резерва пропускной способности и устойчивости сети; увеличению потребности в источниках реактивной мощности в энергосистеме. Из этого следует, что для повышения надежности и экономичности систем электроснабжения необходимо оптимально компенсировать реактивную мощность, используя компенсирующие устройства. Целесообразно применять регулируемые батареи конденсаторов. Машиностроительный завод ООО «Молот» также нуждается в правильном управлении реактивной мощностью. В настоящее время предприятие имеет $\cos \varphi=0,86$ ($\operatorname{tg} \varphi=0,6$), в то время как оптимальный $\cos \varphi=0,94$ ($\operatorname{tg} \varphi=0,4$). Эффективное применение компенсирующих устройств может привести к снижению полной мощности примерно на 10 % и к снижению потерь активной мощности примерно на 17,5 %. Также снижение реактивной мощности позволит: снизить расход электроэнергии на ее транспорт; обеспечить повышение пропускной способности; создать дополнительные возможности технологического присоединения потребителей; повысить качество электрической энергии; снизить провалы напряжения и стабилизировать его на оптимальном уровне; повысить запас статической устойчивости нагрузки. Для оценки эффективности применения батарей конденсаторов на машиностроительном заводе необходимо: рассчитать мощность, тип батарей конденсаторов, выбрать их местоположение, спроектировать систему электроснабжения завода с выбранными батареями

конденсаторов в компьютерной программе ENERGY CS для дальнейшего анализа режимных характеристик, надежности и устойчивости системы. И в заключении необходимо оценить экономический эффект от компенсации реактивной мощности.

УДК 621.316:621.3.014.8

ВЛИЯНИЕ РЕЗОНАНСА НА УСЛОВИЯ РАБОТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.В. СМИРНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

При возникновении резонанса токи, протекающие по обмоткам силовых трансформаторов, приводят к принципиальным изменениям в условиях работы последних. Номинальные условия работы трансформаторов, а также их конструктивное исполнение, как правило, выбираются для токов и напряжений частотой 50 Гц. При этом допустимая несинусоидальность протекающих по обмоткам токов принимается не более 5 %. При работе двух ступеней УКРМ наблюдается резонанс токов по 11-й гармонике промышленной частоты на участке цепи «трансформатор-УКРМ». Это является следствием работы ИБП, подключенного к этой секции шин трансформатора. Амплитуда тока резонансной гармоники, протекающего по обмоткам трансформатора Т2, достигает 100 А и, как следствие его несинусоидальность превышает 30 %. Известно, что при протекании несинусоидальных токов по обмоткам трансформаторов, за счет явлений поверхностного эффекта и эффекта близости резко возрастают тепловые потери в них, кроме того возникают потери, связанные с магнитными потоками рассеяния. Это приводит к значительному повышению температуры элементов трансформатора даже при токах, величина которых существенно ниже номинальных для трансформатора данного типа и мощности. Для оценки влияния резонанса на условия работы трансформаторов необходимо определить эквивалентную токовую нагрузку (по тепловому режиму) с учетом высших гармоник тока. Коэффициент эквивалентной токовой нагрузки (КЭТН) трансформатора определяется следующим образом:

$$K_{\text{ЭТН}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{40} I_i^2 \cdot i^2}{I_n^2}} \cdot 100 \% .$$

При резонансе токов эквивалентная токовая нагрузка трансформатора (с учетом гармонического состава тока) в отдельные продолжительные интервалы времени превышает 100 %.

УДК 621.314

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ИХ ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС

М.Е. ЧИКЛЯЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Для экспоненциального закона распределения вероятность безотказной работы силовых трансформаторов в установившихся режимах:

$$P_{\{x_i\}}(r) = \exp\left(-\lambda_0\left(r + \sum_{j=1}^K R_j(A_j - 1)\right)\right) \quad (1)$$

Вероятность отказа:

$$Q_{\{x_i\}}(r) = 1 - P_{\{x_i\}}(r) \quad (2)$$

где $\lambda_0 = 1/R_0$, R_0 – нормативный ресурс.

Пример: Трансформатор ТРДЦН-100000/220, параметры которого заданы в табл. 1, эксплуатировался в течение суток в соответствии с данными табл. 2.

Таблица 1

Параметры трансформатора ТРДЦН-100000/220

Тип	Система охлаждения		x	y	"', °С	"', о.е	°, °С
ТРДЦН-100000/220	ДЦ	0,025	1	1,8	8,656	0,088	98

Продолжение таблицы 1.

$\Delta t_{\text{ННТ.ном}}$, °С	$\Delta t_{\text{ННТ.ном}}^*$, о.е.	$\Delta t_{\text{М.ном}}$, °С	$\Delta t_{\text{М.ном}}$, о.е	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	ΔP_{ex} , кВт
38	0,388	40	0,408	340	102

Таблица 2.

Режимы работы трансформатора ТРДЦН-100000/220 с течение суток

Номер режима j	1	2	3	4
Интервал наработки t_j , ч	16	6,5	0,5	1

Мощность S_j , МВА	96	92	100	80
Мощность S_j , о.е.	0,96	0,92	1	0,8
Температура охлаждающей среды $t_{охл}$, °С	25	18	15	20
Температура охлаждающей среды $t_{охл}$, о.е	0,255	0,184	0,153	0,204

Принимая во внимание, что в таком режиме трансформатор эксплуатировался в течение 25 лет, его фактический сработанный ресурс составляет $r = 0,741$ о.е., или $R = 18,5$ года, нормативный остаточный ресурс - $R_{ост}^* = 0,259$ о.е., или $R_{ост} = 6,5$ года.

УДК 621.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ РЕЖИМА РАБОТЫ

М.Е. ЧИКЛЯЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество силовых трансформаторов, отработавших свой срок службы. В связи с этим возникает вопрос оценки и прогнозирования ресурсных показателей. Определяющее влияние на степень износа электрооборудования оказывают эксплуатационные факторы, которые действуют в различных условиях и режимах работы. Фактический сработанный и остаточный ресурс силовых трансформаторов в установившемся режиме работы можно вычислить по формулам (о.е.):

$$R^* = r_n^* + \sum_{j=1}^K R_j^* (A_1 - 1) \quad (1)$$

$$R_{ост}^* = R_{ост}^* - \sum_{j=1}^K R_j^* (A_1 - 1) \quad (2)$$

$$A_1 = e^{\frac{1}{r_0} \left[t_{охл} + \Delta t_{М.ном} \left[\frac{1+d(S^*)^2}{1+d} \right]^x + \Delta t_{ННТ.ном} (S^*)^y \right] - 1} \quad (3)$$

где r_j^* – фактический сработанный ресурс на j -м интервале наработки в нормативных условиях эксплуатации, о.е.; $j=1 \dots K$ – количество интервалов наработки объемом S_j ; $t_{н}$ – нормативная температура наиболее нагретой точки; $t_{охл}$ – температура охлаждающей среды; $\Delta t_{М.ном}$ – номинальное превышение температуры масла над температурой окружающей среды; r_0 –

относительная нагрузка трансформатора, равная отношению $S/S_{\text{ном}}$ (S – фактическая нагрузка трансформатора, $S_{\text{ном}}$ – номинальная нагрузка трансформатора); $d = \Delta P_{\text{к}} / \Delta P_{\text{хх}}$ – отношение потерь короткого замыкания к потерям холостого хода (если неизвестно, то можно принять $d = 5$); $x = 0,9$ – для трансформаторов с системой охлаждения типа М и Д; $x = 1,0$ – для трансформаторов с системой охлаждения типа ДЦ и Ц; $\Delta t_{\text{ННТ.ном}}$ – номинальное превышение температуры ННТ над температурой масла; $y = 1,6$ – для трансформаторов с системой охлаждения типа М и Д; $y = 1,8$ – для трансформаторов с системой охлаждения типа ДЦ и Ц.

УДК 621.314

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТИПА ТМГ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ВСТРОЕННЫМ СИММЕТРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ – КРАТЧАЙШИЙ ПУТЬ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

П.И. ЧУРИН, КГЭУ, г. Казань

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

Энергосберегающие трансформаторы типа ТМГ со специальным встроенным симметрирующим устройством (ТМГСУ). Известно, что львиная доля потерь электроэнергии в России и других странах СНГ приходится на распределительные четырехпроводные электрические сети с напряжением 0,38 кВ. Свести эти потери к минимуму и призваны трансформаторы типа ТМГСУ со специальным встроенным симметрирующим устройством. Экономия электроэнергии в случае применения трансформатора ТМГСУ достигается за счет его принципиально новой конструкции – включения в рассечку нулевого провода обмотки симметрирующего устройства. Симметрирующее устройство (СУ) – это дополнительная обмотка, уложенная поверх обмоток высшего напряжения трансформатора.

Главной причиной дополнительных потерь в линиях электропередачи является несимметричная нагрузка фаз – обычное явление в коммунально-бытовых и прочих сетях. При появлении тока в нулевом проводе тепловые потери резко возрастают: их величина квадратично зависима от силы тока ($W = I^2 \cdot R$, где W - потери, I – ток в линии, R – сопротивление проводника). Выравнивая перекося фазных напряжений, СУ уменьшает ток в нулевом проводе и таким образом минимизирует потери.

Проведение независимых испытаний показало, что при силе тока в нулевом проводе $0,25 I_{\text{ном}}$ использование трансформатора ТМГСУ (Y/Y_n)

мощностью 250 кВА ежегодно может экономить более 6000 кВт-ч по сравнению с сетями, где применяются обычные трансформаторы, и более 800 кВт-ч электроэнергии – по сравнению с сетями, где применяются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда–зигзаг–ноль».

Трансформаторы ТМГСУ наиболее эффективны при использовании на небольших участках, малых предприятиях, в сельском хозяйстве – там, где рационально применять устройство мощностью до 250 кВ-А.

УДК 621.311.04

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Р.Р. ШАВАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Переходные процессы в системах электроснабжения можно различать по виду возмущения. Так в нормальном режиме системы при малых его возмущениях возникает необходимость проверки статической устойчивости больших групп асинхронных двигателей, которые, имея мощность, соизмеримую с мощностью питающих их генераторов, могут оказаться неустойчивыми, причем эта неустойчивость проявляется в виде специфического явления, называемого лавиной напряжения.

Критерием устойчивости асинхронных двигателей является:

$$\frac{dP}{ds} > 0.$$

В предельном, с точки зрения устойчивости, режиме АД определяются критическое скольжение $s_{кр}$, максимальная мощность P_{max} (опрокидывающий момент) и критическое напряжение $U_{кр}$. При несоизмеримо большой мощности системы (источника питания нагрузки) в сравнении с мощностью АД характеристику АД $P = f(s)$ можно строить при постоянстве напряжения на выводах АД, не считая с потерей напряжения в индуктивном сопротивлении $X_{вн}$ внешней сети при изменении скольжения АД, т.е. приняв $X_{вн} = 0$. В этом случае критическое скольжение определяется по формуле

$$s_{кр} = \frac{R}{X_s}, \quad P_{max} = \frac{U^2}{2X_s}, \quad U_{кр} = \sqrt{P_0 2X_s}$$

Если же мощность эквивалентного АД соизмерима с мощностью системы, то напряжение на выводах АД не остается постоянным, а падает с увеличением скольжения в связи с потерями напряжения во внешнем

индуктивном сопротивлении $X_{вн}$. В этом случае $P = f(s)$, P_{max} , $s_{кр}$ определяют при постоянстве эквивалентной ЭДС $E_э$ системы:

$$P = \frac{E_э \cdot R \cdot s}{(X_s + X_{вн})^2 \cdot s^2 + R^2}; \quad P_{max} = \frac{E_э^2}{2(X_s + X_{вн})}; \quad s_{кр} = \frac{R}{(X_s + X_{вн})}.$$

Коэффициенты запаса устойчивости АД можно определить по мощности k_s^p , по напряжению k_s^u , K_3^u , по ЭДС k_s^e и по скольжению k_s^s .

УДК 658.26

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ АРСКОГО МОЛОЧНОГО КОМБИНАТА

А.И. ШАМСУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

Инвестиции в энергосберегающие мероприятия (в том числе даже просто наведение порядка в потреблении), внедрение более энергоэффективных технологий крайне необходимы и приносят особенно значимый результат.

Существует множество направлений решения проблемы энергосбережения, такие как установка частотных преобразователей, устройств плавного пуска электродвигателей, конденсаторных установок и т.д.

Наибольший эффект энергосбережения можно получить переводя мощные механизмы с электроприводом от высоковольтных асинхронных и синхронных двигателей в режим работы с регулированием скорости вращения посредством высоковольтных преобразователей частоты. Регулирование производительности таких механизмов как насосы, вентиляторы, компрессоры изменением скорости вращения позволяет сэкономить около 30 % электроэнергии. Постоянный рост тарифов на электроэнергию и постепенное снижение цен на высоковольтные преобразователи частоты сокращает срок окупаемости этого оборудования.

Высоковольтный электродвигатель мощностью 1 МВт при ежегодной наработке около 5 тысяч часов потребляет электроэнергии на 6,2 миллиона рублей. С внедрением такой современной энергосберегающей техники, как высоковольтный преобразователь частоты, можно снизить эти потери на

30 %, таким образом, ежегодная экономия только на одном двигателе может составить от 2 до 3 миллионов рублей.

Значительную экономию электроэнергии можно получить применением конденсаторных установок за счет компенсации реактивной мощности. Конденсаторные установки эффективны на предприятиях, где используются компрессоры, насосы и прочие потребители энергии с резкопеременной нагрузкой, т.е. на производствах пищевой промышленности.

УДК 628.9.03

ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП С РАЗЛИЧНОЙ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРОЙ

Р.Н. ШАФИКОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Все существующие люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные лампы низкого давления, в которых ультрафиолетовое излучение преобразуется с помощью люминофорного покрытия в видимый свет. Лампы состоят из колбы, корпуса, цоколя и балласта (или пускорегулирующей аппаратуры (ПРА)). Основные функциональные элементы ПРА: предохранитель, выпрямитель, помехозащитный фильтр, ВЧ-генератор, пусковой контур, РТС, емкостной фильтр питающей сети. В целом ПРА делятся на два вида: ЭМПРА – электромагнитная пускорегулирующая аппаратура или электромагнитный дроссель; ЭПРА – электронная пускорегулирующая аппаратура. Электрические параметры электромагнитного ПРА: КПД – от 50 до 70 %; коэффициент мощности – 0,55; диапазон напряжений – 198–250 В. Электромагнитная ПРА представляет собой электромагнитный дроссель, подключаемый последовательно с лампой. Параллельно лампе подключатся стартер, представляющий собой неоновую лампу с биметаллическими электродами и конденсатор. В классической схеме включения с электромагнитным ПРА для автоматического регулирования процесса зажигания лампы применяется пускатель (стартер), представляющий собой миниатюрную газоразрядную лампу, обычно неоновую. Преимуществом электромагнитного ПРА является простота конструкции, однако недостатков такой схемы достаточно много.

Электрические параметры электронного ПРА: КПД – от 80 до 90 %; коэффициент мощности – не ниже 0,95; диапазон напряжений 198 – 354 В.

Электронная ПРА подает на электроды лампы не сетевое напряжение, а высокочастотные (20–60 кГц) колебания, в результате чего заметное для глаз мигание ламп исключено. Может использоваться один из двух вариантов запуска лампы: холодный запуск (лампа зажигается сразу после включения); горячий запуск (с предварительным прогревом электродов 0,5–1 сек). Включение люминесцентных ламп возможно по трем схемам: стартерная схема включения (низкий $\cos \varphi$ не превышающий 0,5, который можно повысить при включении конденсатора на вводе либо применением индуктивно-емкостной схемы); схема включения с расщепленной фазой (последовательно включается индуктивное сопротивление, что создает отставание тока по фазе от приложенного напряжения); бесстартерная схема включения. Характеристики ПРА люминесцентных ламп определяются диапазоном температуры (от 25 до 75 °С), сроком службы (от 6000 до 50000 часов), частотой отказов (0,2 % на каждые 1000 часов).

УДК 621.311.1:519.2

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИСТЕМ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Н.А. КОПЫТОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Передача, распределение и потребление электроэнергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью, надежностью и требуемым качеством электроэнергии.

В данной работе проведен анализ структуры систем цехового электроснабжения на основе 218 схем. Полученные данные классифицировались по конструктивным и эксплуатационным признакам следующим образом: 1) информация о типе и количестве коммутационных аппаратов, установленных на линиях цеховой сети; 2) информация о параметрах сети, таких как длина, сечение, мощность и коэффициент загрузки линии. Полученная информация в дальнейшем необходима для анализа потерь электроэнергии в сетях низкого напряжения.

Показано, что рассмотренные характеристики сети независимы друг от друга, носят вероятностный характер и обусловлены лишь условиями технологического процесса, конструктивными особенностями и расположением оборудования в цехе.

При анализе системы цехового электроснабжения на примере участка механического цеха учитывались следующие конструктивные и эксплуатационные характеристики: количество коммутационных аппаратов, установленных на линии, длина, сечение, нагрузка и коэффициент загрузки линии.

Потери электроэнергии определены для участка механического цеха с учетом таких параметров как нагрев проводов и кабельных линий, сопротивление контактных соединений коммутационных аппаратов, температуры окружающей среды. Результаты расчетов указывают на необходимость учета сопротивления контактных соединений коммутационных аппаратов при определении потерь электроэнергии в цеховых сетях

Полученные результаты в дальнейшем предполагается использовать при создании пакета программ позволяющих с погрешностью, не превышающей 10 %, определять величину потерь электроэнергии в цеховых сетях низкого напряжения, а так же уточнять величину удельного расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции.

УДК 621.311.153.001.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ НА НИЗШИХ СТУПЕНЯХ ИЕРАРХИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Р.Ф. ИДИАТУЛИН, ОДУ Средней Волги, г. Самара
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.П. СТЕПАНОВ

Исследования групповых графиков электрической нагрузки (ГЭН) $P(t)$ электроприемников (ЭП) проводились с целью выявления закономерностей формирования ГЭН на низших ступенях иерархии систем электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий. Экспериментальные исследования проводились в цеховых СЭС ОАО «Завод авиационных подшипников», «Авиаагрегат» (г. Самара), построенных по схеме «блок трансформатор – магистраль» с дальнейшим распределением электроэнергии по распределительным шинопроводам и силовым пунктам (СП). Объектом исследования являлись групповые ГЭН, формируемые $4 \div 8$ ЭП, подключенные к СП – 5-ой ступени иерархии СЭС. Регистрация ГЭН производилась измерительным комплексом трехфазной электрической сети С. А 8334 за время, равное длительности смены – $T_{см} = 8$ часов с интервалом

дискретизации $\Delta t = 1$ мин. Число записанных реализаций ГЭН $N = 10$, запись ГЭН проводилась на 3-ем СП с числом подключенных ЭП от 4 до 8. По ГЭН построены гистограммы распределения вероятностей ординат $P(t)$, которые аппроксимировались кривой «усеченного» нормального закона распределения с коэффициентами усечения C_{yc} от 1,15 до 1,2. Проверка, проведенная с помощью критерия К. Пирсона χ^2 , подтвердила, что с доверительной вероятностью $0,4 \div 0,6$ экспериментальные законы распределения сходятся к «усеченному» нормальному закону распределения.

Анализ гистограмм показал, что следует различать два вида усечения гистограмм относительно средней нагрузки: симметричное и несимметричное. Средняя нагрузка группового ГЭН при симметричном усечении не изменяется, при несимметричном усечении может уменьшаться («усеченный» нормальный закон больше усечен с правой стороны) или увеличиваться («усеченный» нормальный закон больше усечен с левой стороны) по сравнению с нормальным законом распределения. Среднеквадратическое отклонение изменяется при любом виде усечения нормального закона распределения. Учет коэффициентов усечения C_{yc} в расчетах средней нагрузки приводит к ее уточнению до 6 %, а среднеквадратического отклонения – до 35 %.

УДК 330.342.172

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. ГИБАДУЛЛИН, АБиК Минфина РФ, г. Москва
Науч. рук. канд. экон. наук, проф. А.В. ПИКУЛЬКИН

Повышение энергоемкости производства, количества техники, задействованной в производственных процессах, а также постоянный рост цен на энергоносители является серьезным фактором, увеличивающим важность вопроса об экономии электроэнергии.

Универсальных способов экономить электроэнергию на данный момент не существует, но разработаны методики и технологии, помогающие вывести энергосбережение на качественно новый уровень.

На Западе: в Германии, во Франции, в Австрии и др., в тех странах, где добыча полезных ископаемых практически не производится, где из-за природных условий невозможно построить ГЭС и ТЭЦ, применяются нетрадиционные источники энергии.

Снижение энергоемкости ВВП России в 2007–2020 годах до заданного уровня возможно только при следующих условиях:

- строительство новых атомных электростанций (АЭС);
- использование нетрадиционных источников энергии;
- широкое применение малых гидроэлектростанций (ГЭС);
- применение автоматизированной системы учета и контроля энергии (АСКУЕ).

УДК 621.316.13

УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

А.С. РАТОВ, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Г.А. НЕМЦЕВ

В городских распределительных сетях низкого напряжения довольно часто встречается петлевая схема электроснабжения потребителей электрической энергии. В таких электрических сетях увеличение максимальной (присоединенной) мощности у одного из потребителей приводит к росту падения напряжения у всех потребителей, получающих питание по одной с этим потребителем цепи электроснабжения. Это может привести к значительному снижению качества электрической энергии у этих потребителей и к выходу за пределы установленные ГОСТ 13109-97, установившегося отклонения напряжения.

В связи с этим, принятие решения об увеличении максимальной (присоединенной) мощности для потребителей, питающихся по петлевой схеме электроснабжения с жилыми домами (качество электроэнергии в которых, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации № 1013 от 13 августа 1997 года, подлежит обязательной сертификации), становится более сложным. Это решение должно основываться не только на пропускной способности кабельных (воздушных) линий и резерва мощности трансформаторов на питающей подстанции, но и на расчете падения напряжения в этой цепи до каждого потребителя. При расчете, необходимо учитывать возможность переключений потребителей в своих сетях низкого напряжения, которые не контролируются электроснабжающей организацией.

Расчет падения напряжения получается достаточно объемным, облегчить работу поможет применение программных комплексов, в которых реализована данная функция.

УДК 621.311.001.57

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ВЕТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.А. БЕБЕШКО, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Б.В. ЛУКУТИН

В автономных системах электроснабжения возможно использование комбинированных систем электроснабжения, содержащих ветроустановки. Для оценки возможностей и эффективности совместной работы установок, для оптимизации режима работы и выработки алгоритмов для настройки автоматики моделируется гибридная система электроснабжения. В данной работе рассмотрено компьютерное моделирование компонентов универсальной динамической модели ветроустановки в MatLabe.

Простейшая модель ветроколеса описывается только математическими уравнениями для мощности и момента ветроколеса. Это позволяет в первом приближении оценить вырабатываемую мощность и момент ветроколеса, при учете всех четырех групп потерь в ветродвигателях модель сильно усложняется.

Для проектирования ветроколеса приходится применять метод математического моделирования аэродинамических и рабочих характеристик малых ветротурбин по данным технической спецификации. Данный метод позволяет получить данные для моделирования Model-Based Calibration и создания реальной модели ветроколеса.

Одной из действующих проблем моделирования динамики ветроустановок является отсутствие подробных метеорологических данных для любой местности. Созданная однонаправленная динамическая модель ветра, учитывающая случайный характер ветра, позволяет получать скорость ветра для любой местности. По распределениям Ван дер Ховена и распределению Вейбулла разработана методика формирования показателей ветра в заданных временных интервалах. Даже при минимальных метеорологических данных (средней скорости ветра) получаем динамику изменения скорости ветра и используем ее в дальнейшем для оптимизации

режима работы ветроустановки для заданной местности и выработки алгоритмов для настройки автоматики системы.

Также при моделировании динамических процессов вводится инерционная составляющая ветроколеса, которая рассчитывается по формулам для каждой ветротурбины.

Таким образом, предлагаемый метод моделирования ветра и компонентов ветротурбин достаточно просты в использовании и позволяют с достаточной точностью моделировать действующие ветроустановки для выполнения поставленных задач.

УДК 621.316.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ПО ТРЕХФАЗНЫМ ВОЗДУШНЫМ ЛИНИЯМ 10 кВ

И.Х. ГАРИПОВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

В системе с изолированной нейтралью допускается работа линии с однофазным замыканием на землю до устранения повреждения. Средняя длительность одного отключения, вызванного обрывом провода, составляет 5, 6 часов, а по причине отказов изоляторов - 3 часа летом и 4, 9 часов зимой.

Из вышеизложенного следует, что на отыскание и устранение отказов элементов распределительных сетей затрагивается значительное время, поэтому необходимы дальнейшие исследования по своевременному выявлению дефектов в распределительных сетях в целях сокращения времени на их устранение.

В докладе приводятся измерения на высоких частотах, на которых имеется возможность определить более точное место расположения дефектного элемента по особенностям распространения сигнала. При наличии разветвлений и отпаек измерение сигнала на частоте 40 МГц позволяет исключить влияние соседних присоединений, сигнал с которых претерпевает значительное затухание. На этой частоте также возможно определение дефектной фазы, генерирующей сигнал, по соотношению между уровнями сигнала на различных проводах линии.

УДК 621.311

ОБЛАСТЬ УЯЗВИМОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

К.М. ВОРОБЬЕВ, МарГУ, г. Йошкар-Ола
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.М. РЫБАКОВ

Понятие области уязвимости помогает при оценивании влияния провала напряжения на электрооборудование и при нахождении минимального значения напряжения, при котором оборудование сохраняет работоспособное состояние. За пределами области уязвимости величина напряжения позволяет нагрузке функционировать. В пределах данной области оборудование теряет свою работоспособность, т.е. становится уязвимым к провалам напряжения.

Для обеспечения бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией необходимо предварительно определить область уязвимости оборудования при провалах напряжения различной глубины и продолжительности.

В докладе обозначены вопросы определения границ области уязвимости, которые зависят 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. являются функцией большого количества переменных. Определение области уязвимости позволит дать рекомендации по проектированию вновь создаваемой системы электроснабжения, либо определить параметры основных средств защиты от провалов напряжения в реконструируемых сетях.

УДК 620.91

**МАЛЫЕ РЕКИ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ,
ИМЕЮЩИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

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

Республика Марий Эл (РМЭ), занимающая территорию в 23200 кв. км, располагает значительно развитой и относительно равномерно распределенной речной сетью. Общее число их достигает 476 при общем протяжении в пределах республики – 7264,2 км. Вся речная сеть РМЭ распределяется по 17 отдельным бассейнам основных рек.

При среднем возможном для РМЭ напоре в 3 м и при среднегодовом модуле стока 3.87 л/с. С 1 кв. км для получения мощности гидростанции в 10 кВт на валу турбины возможно использовать только те реки, которые имеют водосборную площадь 100 и более кв. км. Рассматривая с этой точки зрения реки по площади водосбора, можно видеть, что только 60 рек (из 476) имеют достаточную водосборную площадь. Но из числа последних приходится исключить р. Ашит (приток Плети), так как, протекая в пределах РМЭ своим нижним течением на протяжении всего лишь 4 км, она не допускает устройство МГЭС на этом участке по двум причинам: МГЭС находилась бы в зоне подпора р. Млеть; подпор от плотины выходил бы за пределы РМЭ. Таким образом, только 58 рек могут быть использованы для строительства МГЭС.

УДК 621.3.017

ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЯ СИММЕТРИИ И СИНУСОИДАЛЬНОСТИ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

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

В связи с развитием в РФ энергоаудита и введением Федерального Закона № 261 от 23 ноября 2009 г., который устанавливает помимо прочего типы объектов, в отношении которых требуется в обязательном порядке проводить энергетическое обследование, остро встает вопрос об обеспечении энергоаудитора необходимым программным обеспечением для расчета потерь электрической энергии, тепловой энергии и т.д.

Представленная программа «Потери от несимметрии и несинусоидальности напряжения» решает поставленную задачу. Она рассчитывает потери активной мощности от искажения симметрии и

синусоидальности для различных типов оборудования. Среди них: конденсаторная установка, трансформатор, линия электропередач, электродвигательная нагрузка.

По желанию пользователя можно выполнить расчет экономического ущерба от несимметрии и несинусоидальности напряжения

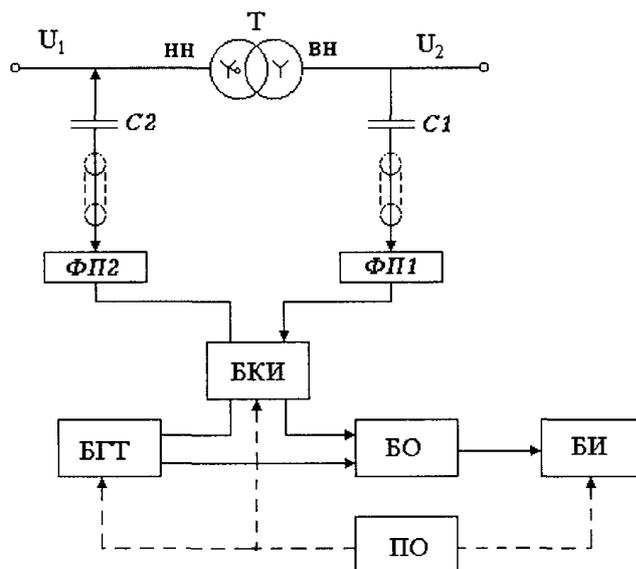
УДК 621.311

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

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

Для диагностирования трансформатора предлагается использование изменения параметров амплитудно-частотных характеристик обмоток. Обмотки трансформатора представлены слоями, катушками и слоями катушек, с постоянной величиной индуктивности и переменной величиной емкости, поэтому величина емкости является одним из основных критериев, определяющих состояние изоляции. Отсюда следует, что каждому слою витков, слою катушек или отдельных катушек соответствуют собственные резонансные частоты.

На рисунке приведена структурная схема устройства контроля внутренней изоляции силового трансформатора. Устройство собирается из блоков на печатных платах с применением микросхем. Устройство контроля изоляции собран из следующих основных узлов: генератор, стабилизатор амплитуды, усилитель мощности, импульсный трансформатор, полосовой активный фильтр, узлы выделения уровня сигналов на входе $U_{вх}$ и опорного U_0 , каскады определения отношения $U_{вх}/U_0$ сигналов; каскады определения разности $U_{вх} - U_0$ сигналов, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), цифровой индикатор выходного сигнала, частотомер, индикатор частоты, фильтр присоединения, блок питания.



Структурная схема устройства контроля внутренней изоляции силовых трансформаторов

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В КАЧЕСТВЕ НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И.А. ШИГАЕВ, МЭИ (ТУ), г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, асс. А.В. РАГУТКИН

Потребители первой категории особой группы по надежности электроснабжения, должны предусматривать дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. В качестве, которого все чаще используют источники бесперебойного питания (ИБП) статического типа.

При отключении сети, накопители энергии в ИБП должны обеспечить питанием нагрузку в течение определенного времени. В ИБП статического типа в качестве накопителя энергии широкое применение получили аккумуляторные батареи. В последнее время прорабатывается вопрос использования в качестве накопителя энергии в ИБП конденсатора, разработанного на основе использования двойного электрического слоя. Такие конденсаторы часто называют суперконденсаторами или ионисторами. Плотность энергии в них в 10 раз выше, чем в обычных конденсаторах, а

мощность при заряде/разряде до 10 раз выше мощности разряда аккумуляторных батарей (АБ). Ионисторы можно рассматривать как, своего рода, промежуточное звено между электролитическими конденсаторами и электрохимическими аккумуляторами. От первых они унаследовали большое число циклов заряда-разряда, а от вторых — относительно невысокие токи зарядки и разрядки. Замена аккумуляторной батареи (АБ) на суперконденсатор в источниках бесперебойного питания с двойным преобразованием имеет ряд преимуществ. Мощность ИБП с суперконденсаторами в десятки раз выше, удельная мощность суперконденсаторов порядка 10кВт/кг, тогда как у АБ удельная мощность 200-400 Вт/кг. В среднем срок службы суперконденсатора 10 лет, а у АБ 3-7 лет. Кол-во циклов (заряда/разряда) у суперконденсаторов более 1 миллиона, у аккумуляторной батареи только 1000 циклов. У суперконденсаторов короткое время зарядки, уже через 10 минут ИБП готов к повторному отключению сети. В ИБП с аккумуляторами, время зарядки составляет 4-6 часа. Суперконденсатор поставляет большую мощность, но в кратковременный период; АБ поставляет меньше мощность длительный промежуток времени. Суперконденсаторы экологически безопасны, они требуют меньше обслуживания и ограничивают пусковые токи.

Существуют несколько вариантов типов ИБП двойного преобразования с использованием суперконденсаторов. Однако высокая стоимость суперконденсатора увеличивает стоимость самого ИБП. Поэтому не мало важно выбрать приемлемую конфигурацию.

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ СЕТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Ю.А. ДАВЫДКИНА, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. БОДРУХИНА

Электроприборы и оборудование предназначены для работы в определённой электромагнитной среде. Электромагнитной средой принято считать систему электроснабжения и присоединенные к ней электрические аппараты и оборудование, связанные кондуктивно и создающие в той или иной мере помехи, отрицательно влияющие на работу друг друга. При возможности нормальной работы оборудования в существующей

электромагнитной среде, говорят об электромагнитной совместимости технических средств.

Требование электромагнитной совместимости (ЭМС) подразумевает взаимную работу электронного оборудования и его компонентов без их негативного влияния друг на друга. Особенно важно выполнение требований электромагнитной совместимости в электроэнергетике, так как в современных условиях резко увеличилось количество потребителей с нелинейным характером нагрузки, а кроме того, широкое использование электронных компонентов в силовой электронике приводит к его большей чувствительности к наличию помех.

Можно сказать, что одной из важнейших составляющих частей ЭМС является качество электроэнергии. Качество электроэнергии (КЭ) – это соответствие (или несоответствие) значений показателям, установленным в виде действующих норм, стандартов, других нормативных документов. Качество электроэнергии проявляется через качество работы электроприёмников. Проблема КЭ является одной из важнейших составных частей общей проблемы ЭМС.

Если показатели качества электроэнергии (ПКЭ) не соответствуют требованиям ГОСТа 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», то предъявляются претензии к поставщику электроэнергии. В целом ПКЭ определяют степень искажения напряжения электрической сети за счёт помех, распределяющихся по элементам электрической сети, вносимых как энергоснабжающей организацией, так и потребителями.

УДК 621.311

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

С.С. ШЕВЦОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, асс. А.В. РАГУТКИН

На сегодняшний день проявляется большой интерес к концепции распределенной генерации. Одним из наиболее перспективных источников питания, в технологии распределенной генерации, является топливный элемент. Это обусловлено рядом причин:

- Высокая эффективность;
- Относительно низкая стоимость топлива;
- Экологичность;

- Относительная простота эксплуатации и надежность

По своей сути топливный элемент является устройством, в котором химическая энергия топлива (восстановитель) и окислителя преобразуются в электрическую энергию. Окислитель и восстановитель подаются непрерывно и подводятся к электродам отдельно, благодаря чему электроды в топливном элементе не изменяются.

Классифицировать топливные элементы можно по следующим признакам:

- по используемому топливу;
- по рабочему давлению и температуре;
- по характеру применения.

Так же топливный элемент можно отнести к одной из разновидностей гальванического элемента. Однако, если активные компоненты в гальваническом элементе находятся непосредственно в нем, что определяет его срок службы, в топливном элементе они подаются извне и мы можем контролировать расход. Поэтому срок службы топливного элемента зависит только от его конструктивных особенностей.

В качестве окислителя в топливном элементе используется чистый кислород либо кислород воздуха. Для топлива предъявляются требования высокой восстановительной способности, в связи с этим в качестве топлива чаще всего применяют водород, но могут применяться природный газ, сжиженный нефтяной газ, угольный газ, метанол.

СЕКЦИЯ 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 621.38

МАТЕРИАЛЫ И УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ

Е.А. ГЛУШКОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ

Целью работы было изучение современных и перспективных материалов и установок солнечной фотоэнергетики.

Рассмотрены основные направления развития фотоэлектрического метода преобразования солнечной энергии, открывающие широкие перспективы полупроводниковой гелиоэнергетики. Основное внимание

уделено фотопреобразователям на основе $A^{III}B^V$ – гетероструктур, главным образом каскадным солнечным элементам, обеспечивающим наибольшую эффективность преобразования солнечной энергии, для получения которых используются высокие технологии – молекулярно-пучковая и МОС-гидридная эпитаксии. Показано, что использование метода промежуточного концентрирования солнечного излучения обеспечивает снижение площади и, следовательно, стоимости солнечных элементов пропорционально степени концентрирования солнечного излучения.

Наибольший прогресс наблюдается при использовании трехкаскадных гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей, запрещенные зоны которых выбраны так, чтобы они позволяли перекрывать значительную часть солнечного спектра.

В наши дни, следуя развитию лазерных систем с применением новых материалов, начаты исследования по расширению номенклатуры материалов для фотоэлектрических преобразователей. Наряду с новыми материалами (проводящие полимеры, наноструктурированные среды) активно исследуются и уже забытые материалы, например, переход $CdS/CdTe$, $GaAs/GaSb$, $GaIP/GaAs-GaSb$ и ряд других комбинаций материалов. На очереди использование гетероструктур, содержащих квантовые ямы, а впоследствии и квантовые точки.

УДК 621.317

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО - ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ

Е.Ю. ЗАХАРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Автоматизированный учет электроэнергии в настоящее время является актуальной задачей в электроэнергетике. Решением этой задачи является использование автоматизированной информационно-измерительной системы учета электроэнергии и мощности, спроектированной на основе автоматизированной информационно-измерительной системы «РЕСУРС», которая отвечает всем параметрам качества, надежности, в ней используются только современные надежные приборы учета, которые имеют высокие метрологические характеристики, высокий уровень защиты от несанкционированного доступа к информации. При попытке

несанкционированного доступа, соответствующее сообщение запишется в журнал событий.

Система представляет собой комплекс контрольно-измерительной аппаратуры (интеллектуальные и импульсные счетчики электрической энергии, контроллеры – устройства сбора и передачи данных «РЕСУРС»), коммуникаций связи (модемы, кабели и т.д.) и компьютеров, с установленным на них специализированным программным обеспечением, а также системы обеспечения единого времени. Программное обеспечение позволяет задавать и изменять конфигурацию системы, создавать отчеты по полученным данным, а также отображать данные в графическом и табличном режиме.

Данная система имеет ряд преимуществ. Во-первых, возможен учет не только энергоресурсов, но и тепловых ресурсов, воды. Во-вторых, система является гибкой возможно беспрепятственное подключение новых и замена неисправных приборов учета в систему. В-третьих, можно подключить приборы, среди них есть приборы непрерывного мониторинга контроля качества электроэнергии и мощности и мобильные варианты приборов для проведения различных видов испытаний электрической энергии. Сроки хранения информации могут быть заданы автоматически как программой, так и самим оператором. Информация может передаваться по радиоканалу, телефонному кабелю, по спутниковой связи и GPRS.

УДК 621.313

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТКИ СТАТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Н.А. СВИЩЁВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.А. НАУМОВ;
канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Опыт эксплуатации электродвигателей свидетельствует о том, что в 80 – 85 % всех случаев причиной отказов является нарушение межвитковой изоляции статорной обмотки.

Проблема своевременного выявления дефекта связана с отсутствием возможности безразборного контроля и визуального наблюдения за состоянием изоляции статора.

При эксплуатации электродвигателя изоляция разрушается: она рассыхается, истирается, появляются трещины, теряются ее упругие

свойства. В результате изоляция теряет способность демпфировать силы электродинамического и электромагнитного взаимодействий проводников обмотки статора, что приводит к еще большему ее разрушению. Очевидно, что, контролируя характер электродинамических и электромагнитных взаимодействий, можно диагностировать состояние пазовой изоляции, поскольку они создают акустические колебания и вызывают модуляцию потребляемого тока. Для этого необходимо разработать математическую модель этих взаимодействий.

В докладе приводится модель электромагнитных взаимодействий в пазу статора электродвигателя, по которой можно судить о ее качестве и состоянии. Данную модель можно использовать при диагностике обмоток статоров электродвигателей акустическим методом и методом спектрального анализа.

УДК 621.3. 024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ МЕТОДОМ МНОГОЧАСТОТНОЙ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ

Ю.В. ЕРШОВА, КГЭУ, г. Казань

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

канд. тех. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Растворенная вода, особенно в комбинации с полярными продуктами старения масла и кислотами, существенно влияет на диэлектрические характеристики жидких и твердых изоляционных материалов. Непрерывный контроль влагосодержания масла на протяжении длительного периода времени и принятие соответствующих мер при внезапном росте или недопустимо высоком влагосодержании поможет продлить жизнь маслonaполненного оборудования, сохранить его высокие технические характеристики и эксплуатационную надежность.

В настоящее время известно, что в масле электрооборудования вода присутствует в четырех основных формах: молекулярно растворенная или просто растворенная, связанная, эмульсионная и слоевая. Все эти формы воды переходят из одной в другую. В связи с этим возникает необходимость

определения в масле не только растворенной, но и других форм воды. Однако все известные методики позволяют определять в масле суммарно лишь растворенную и эмульсионную воду.

Для определения суммарного влагосодержания трансформаторного масла предлагается метод многочастотной импедансометрии, основанный на измерении комплексного сопротивления Z анализируемой пробы трансформаторного масла при различных частотах. Измерения полного электрического сопротивления переменному току (импеданса) $|Z|$ и сдвига фазы φ между током и напряжением позволяют получить данные для оценки свойств трансформаторного масла.

Метод многочастотной импедансометрии экспрессивен, экономичен и удобен в работе. Не менее важно и то, что результат анализа выражается непосредственно в электрических величинах, что существенно облегчает автоматизацию процесса анализа и способствует внедрению в него передовых технологий виртуальных измерительных приборов, позволяющих в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами создавать multifunctional программно-аппаратные измерительные комплексы с требуемыми метрологическими характеристиками.

УДК 535.241.46

ПУЛЬСАЦИИ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ

В.Ю. ПРИКЛОНСКИЙ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.А. НАУМОВ

Пульсация светового потока характеризуется коэффициентом пульсации $k = ((F_{\max} - F_{\min}) / 2F_{\text{cp}}) \cdot 100 \%$.

Благодаря инерции органов зрения мы не замечаем пульсации частотой 100 раз в секунду. Но при рассматривании быстро движущихся или вращающихся деталей пульсация светового потока люминесцентных ламп действует неприятно и опасна, так как искажает действительную картину движения предметов (стробоскопический эффект). Даже при отсутствии стробоскопического эффекта пульсация светового потока вредна.

При частоте питающего напряжения 50 Гц пульсацию уменьшают за счет сдвигов по фазе световых потоков близ расположенных ламп. Это не позволяет уменьшить пульсацию в отдельно взятой лампе, но за счет наложения световых потоков соседних ламп суммарный световой поток

пульсирует значительно меньше. Сдвиг по фазе световых потоков осуществляется двумя путями:

- если используется 3-фазная групповая сеть, соседние лампы включаются на разные фазы сети со следующим чередованием фаз в рядах:

АВСАВСАВС.....

САВСАВСАВ.....

ВСАВСАВСА.....

- при однофазной групповой сети для люминесцентных ламп используется специальная антистробоскопическая схема зажигания.

Для создания сдвига фаз между токами двух люминесцентных ламп последовательно с одной из них включается конденсатор. В результате ток первой лампы носит активно-индуктивный (отстающий) характер с коэффициентом мощности около 0,5, а у 2-й – активно-емкостный (опережающий) с таким же, но опережающим коэффициентом мощности. Результирующий ток носит отстающий характер, обеспечивая коэффициент мощности не ниже 0,92.

В настоящий момент данному вопросу не всегда уделяется достаточное внимание и происходит отступление от схемы фазировки. Это нередко ведет к дополнительным затратам по частичному ремонту осветительной сети.

УДК 621.3. 024

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ СЕТЕЙ ПОСТОЯННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

А.А. ШЛЯПЧЕНКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Сети постоянного оперативного тока являются важным элементом энергосистем, обеспечивающие их надежную и безаварийную работу.

Вместе с тем в сетях постоянного оперативного тока существуют слабые звенья, одно из них – аккумуляторные батареи (АКБ), требующие особого внимания, оперативных и капитальных затрат. Под воздействием многих факторов срок службы и остаточная емкость АКБ снижается. На сегодняшний день единственным совершенно точным и полным методом измерения остаточной емкости АКБ, а значит и определения их работоспособности, является контрольно-тренировочный цикл. Но этот способ накладывает несколько немаловажных ограничений:

1. Общая длительность теста не менее 20 часов (разряд\заряд).

2. Необходимо отключение реальной нагрузки от АКБ.

3. Наличие на объекте или в арсенале мобильных бригад тестовой нагрузки с номиналом не менее чем 10 % от полной емкости АКБ.

В этой связи логично предположить, что должен существовать альтернативный способ определения остаточной емкости АКБ, который позволяет измерять ее за несколько секунд, при этом делает это без отключения нагрузки.

Определенные проблемы создает технически и экономически неоправданное большое многообразие типов АКБ, применяемых в сетях постоянного оперативного тока, что усложняет их эксплуатацию и материально-техническое обеспечение. В этих условиях проблема обоснования рациональной номенклатуры АКБ весьма актуальна.

Серьезным недостатком сетей постоянного оперативного тока энергосистем является высокая вероятность возникновения в них пониженного сопротивления изоляции. При этом локализация места с пониженным сопротивлением изоляции представляет собой ответственную и сложную задачу. Поэтому задача построения программ рациональных стратегий, минимизирующих затраты времени на поиск места пониженного сопротивления изоляции, является также актуальной.

УДК 621.311.04

МОБИЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ ЕСТЕСТВЕННЫМИ И ИСКУССТВЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

А.И. АСАДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Исследование структуры, пространственно-временных и спектральных характеристик ЭМ полей и помех, генерируемых как естественными их источниками (процессы в атмосфере, ионосфере и магнитосфере Земли и пр.), так искусственными излучателями (элементы электрооборудования и электроэнергетических систем и т.п.) важно как при изучении фундаментальных проблем электроэнергетики и электротехники, радиофизики и физики околоземного пространства, так и при решении вопросов электромагнитной совместимости электротехнических устройств.

Существуют аналитические и численные методы расчета ЭМ полей, но все они нуждаются в экспериментальном подтверждении. Целью настоящей

работы являлось создание экспериментального комплекса для изучения уровня, пространственно-временных и спектральных характеристик ЭМ излучений и помех в широком диапазоне частот.

В работе проведено исследование существующих на данный момент времени средств измерения ЭМ полей и, как результат, выявлено, что эти средства измерения, помимо прочего, не обеспечивают комплексного подхода к изучению ЭМ обстановки. Следовательно, исследования, проводимые с помощью существующих средств измерения ЭМ полей, не могут дать в должной степени адекватной оценки ЭМ обстановки.

В работе представлена разработанная нами архитектура экспериментального комплекса, удовлетворяющего предъявляемым требованиям к его мобильности, адаптивности к функционированию в широком частотном диапазоне с возможностью регистрировать в реальном времени сигналы одновременно в нескольких поддиапазонах с записью по нескольким каналам с графической визуализацией записываемой на цифровой носитель информации и корреляционно-спектральных характеристик ЭМ поля в регистрируемых поддиапазонах.

Проработка маркетинговых вопросов использования комплекса показывает, что инновационные исследования, направленные на разработку данной системы, являются актуальными и весьма востребованными.

УДК 621.38

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ГАЛЕНИТЕ С ПРИМЕСЯМИ Mn, Ni, V, Ag и Cr

А.М. СЕНИЦИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

Кристаллы галенита (сульфид свинца) были одним из первых материалов, на использовании которых возникала полупроводниковая электроника. Галенит является фоточувствительным материалом с малой шириной запрещенной зоны $\Delta E_z \approx 0,41$ эВ), имеет непараболическую зону проводимости и обладает большим значением статической диэлектрической проницаемости. В отличие от большинства полупроводниковых материалов ширина запрещенной зоны у галенита весьма сильно возрастает с температурой. В последнее время на основе галенита и других сульфидов двухвалентных металлов интенсивно начали создаваться слоистые структуры с квантово-размерными слоями (сверхрешетки). В таких структурах

неравновесные возбужденные светом носители заряда очень сильно взаимодействуют с пьезоэлектрическими возбуждениями.

В данной работе методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) изучалось влияние различных парамагнитных примесей на динамические параметры свободных носителей заряда. В качестве примесей были использованы марганец, хром, никель, ванадий и серебро. Электронный парамагнитный резонанс наблюдался на частоте 9,3 ГГц на классическом спектрометре электронного парамагнитного резонанса. Образец помещался в резонатор в пучность сверхвысокочастотного (СВЧ) магнитного поля.

Изучались образцы PbS с примесями марганца, хрома, никеля, серебра и ванадия. Было обнаружено, что во всех исследуемых образцах при комнатной температуре и температуре жидкого азота ЭПР не наблюдается. Но при температуре жидкого гелия достаточно интенсивные линии ЭПР были зарегистрированы в образцах PbS:Mn и PbS:Cr. На основе анализа формы линий ЭПР и зависимости их интенсивности от концентрации и природы примеси был сделан вывод о том, что ЭПР наблюдается в обоих образцах, как на ионах примеси (Cr^{3+} и Mn^{2+}), так и на электронах проводимости. Показано, что время спин-решеточной релаксации электронов проводимости сильно сокращается с повышением температуры.

Запланированы эксперименты, где эти зависимости будут выявлены.

УДК 621.38

БЛОК ПИТАНИЯ МАГНИТА ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

И.М. САФАРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. УЛАНОВ

Для магнитно-резонансных исследований полупроводниковых кристаллов на кафедре промышленной электроники КГЭУ создан спектрометр электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). В нашей разработке был использован электромагнит от морально устаревшего отечественного спектрометра ЭПР. Первоначально этот электромагнит питался от лампового стабилизатора тока. Однако электровакуумные лампы старого блока питания вышли из строя, а заменить их не было возможности, поскольку в настоящее время такие лампы не выпускаются. Поэтому перед нами встала задача создания нового блока питания, решению которой и была посвящена настоящая работа.

Авторами была разработана схема, состоящая из четырех транзисторных блоков (по два блока на каждую обмотку магнита). Каждый ключевой блок содержит в себе шесть параллельно включенных транзисторов типа КТ812А. Каждая пара транзисторных блоков включена последовательно. Отпирание транзисторов обеспечивается путем подачи стабилизированного тока на базы транзисторов оконечных блоков с выхода управляющих элементов, в качестве которых выступают операционные усилители. Источники питания управляющих элементов гальванически развязаны как друг от друга, так и от цепей питания магнита. Основное управляющее напряжение, обеспечивающее синхронное отпирание всех транзисторных блоков также гальванически развязано от всех остальных источников питания. Для этих целей служит оптрон, выходы которого подключены к входам операционных усилителей.

Основным достоинством предлагаемого авторами блока питания является простота конструкции и относительная ее дешевизна. В качестве недостатков следует отметить некоторую громоздкость и наличие нескольких источников питания. Но поскольку спектрометр рассчитан для работы в стационарных условиях, указанные недостатки не являются критичными.

УДК 539.143:548.43

СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПРИМЕСНЫХ ЦЕНТРОВ КОБАЛЬТА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛАХ



Р.Р. ЗАЙНУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат.наук, проф. В.А. УЛАНОВ

В последнее время кристаллы структурной группы флюорита снова привлекли внимание исследователей в связи с возможностью создания в их объемах донорных примесных центров, приводящих к появлению полупроводниковых свойств. Кроме того, в этой группе кристаллов можно создавать сложные примесные дефекты d-ионов, обладающие стабильной регулярной структурой и магнитным моментом.

Настоящая работа посвящена изучению методом ЭПР структур и магнитных свойств парамагнитных центров, образующихся в кристаллах фтористого кадмия при их одновременном легировании ионами кобальта и галлия.

Легированные кобальтом и галлием кристаллы выращивались методом Бриджмена в графическом тигле конической формы. Примеси вводились в виде металлических частичек, добавляемых в шихту фтористого кадмия. В качестве атмосферы выращивания кристаллов использован гелий с небольшой примесью продуктов сжигания фторопласта. При необходимости создания в объеме выращиваемых кристаллов кислородных центров в атмосферу выращивания добавлялось небольшое количество кислорода.

Исследования выращенных кристаллов выполнены методом ЭПР на частоте 37 ГГц и в температурном диапазоне 2 – 77 К. В настоящем исследовании метод ЭПР оказался в достаточной степени информативным по той причине, что в кристаллах группы флюорита лигандами примесных ионов кобальта оказываются ионы фтора, обладающие большим ядерным магнитным моментом. Вследствие этого в спектрах ЭПР изучаемых парамагнитных центров наблюдалась хорошо разрешенная суперсверхтонкая структура (ССТС).

Выполнен теоретический анализ полученных экспериментальных результатов, на основе которого получена подробная информация о структуре и магнитных свойствах синтезированных примесных центров, представляющих собой ассоциаты точечных дефектов.

УДК 621.383

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.С. КОРОСТЕЛЁВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.И. КАЛИМУЛЛИН

Солнце – это огромный, неиссякаемый, абсолютно безопасный источник энергии, в равной степени всем принадлежащий и всем доступный. Ставка на солнечную энергетику должна рассматриваться не только как беспроигрышный, но в долгосрочной перспективе и как безальтернативный выбор для человечества.

Основой построения солнечных электроэнергетических установок являются различные виды солнечных батарей. Солнечные батареи с кремниевыми монокристаллическими фотоэлектрическими преобразователями по удельно-массовым характеристикам достигли своего физического предела. Дальнейший прогресс в разработке солнечных батарей возможен при использовании фотоэлектрических преобразователей на основе других материалов – в частности, из арсенида галлия. Трехкаскадные

фотоэлектрические преобразователи из арсенида галлия уже применяются на платформе США HS-702, на европейской Spacebus-400 и др., что позволило более чем вдвое увеличить мощность солнечной батареи. Несмотря на более высокую стоимость фотоэлектрических преобразователей из арсенида галлия, их применение позволит в 2-3 раза увеличить мощность солнечной батареи или при той же мощности снизить соответственно площадь солнечной батареи по сравнению с кремневыми фотоэлектрическими преобразователями.

Разработка четырехкаскадных фотоэлектрических преобразователей из арсенида галлия с КПД около 40 % даст возможность удельную мощность солнечной батареи до 460 Вт/м² в начале работы и 370 Вт/м² в конце срока активного существования. В ближайшей перспективе следует ожидать существенного улучшения и удельно-массовых характеристик солнечных батарей.

Другим перспективным направлением является разработка солнечных батарей на основе полимеров. По сравнению с полупроводниковыми, полимерные солнечные батареи легки, доступны, недороги в производстве, гибки, оказывают незначительное влияние на окружающую среду, однако пока их энергетический выход едва достигает 1/4 обычных кремниевых солнечных батарей.

УДК 681.7

ЛАЗЕРНО-АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ТРАНСФОРМАЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН НА ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТАХ

И.Р. ИСМАГИЛОВ, А.А. ХАСАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.И. КАЛИМУЛЛИН

В работе представлен метод лазерно-акустического контроля поверхностей металлов с применением явления трансформации энергии объемных акустических волн (ОАВ) в энергию сдвиговых волн (рис. 1, а).

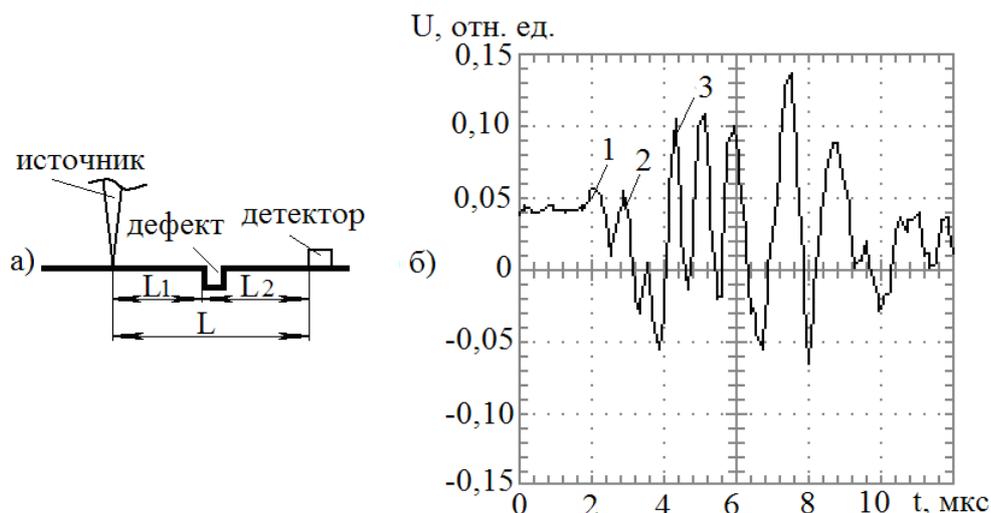


Рис. 1. Лазерно-акустический контроль поверхностей металлов:
 а) схема эксперимента; б) временная диаграмма: 1 – ОАВ, 2 – сдвиговая волна, трансформировавшаяся из ОАВ на дефекте, 3 – волна Рэлея

Для обнаружения дефектов целесообразнее при сканировании одновременно перемещать и источник и детектор, сохраняя расстояние L между ними постоянным таким образом, чтобы на временных диаграммах непосредственно прошедшие ОАВ и рэлеевская волна не перемещались вдоль временной шкалы подобно стоячим волнам. В данном случае становится возможным проследить перемещение вторичной волны, являющейся ОАВ, трансформировавшейся на дефекте в сдвиговую волну (рис. 1, б).

Таким образом, на основе исследованного эффекта разработана методика эффективного определения местоположения приповерхностных трещин в металлических изделиях.

УДК 621.314

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ IGBT-СТРУКТУР В МАТРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А.В. ВИДИНЕЕВ, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ш.И. ВАФИН

Матричный преобразователь частоты (МПЧ) является одним из наиболее перспективных полупроводниковых преобразователей энергии с непосредственной связью источника питания и нагрузки. Современный

трехфазный МПЧ выполняется на 9 двунаправленных ключах, которые способны подключать любую из трех фаз входного напряжения к любой из трех фаз нагрузки. Такой двунаправленный ключ также имеет название «ключ переменного тока» (АС-ключ). Для реализации АС-ключа с помощью IGBT необходимо последовательно с ним установить быстрый высоковольтный диод, а чтобы коммутатор стал двунаправленным, две такие схемы следует соединить антипараллельно. Недостатком такого ключа являются высокие потери проводимости.

Новые структуры RB-IGBT (Reverse Blocking IGBT) ключей позволяют исключить диоды и иметь симметричные вольт-амперные характеристики при обеих полярностях напряжения. Для реализации коммутатора переменного тока на основе RB-IGBT достаточно включить антипараллельно два транзистора. Таким образом, количество полупроводниковых элементов в силовой части сокращается вдвое. При этом значительно снижаются потери на проводимость.

Исследование характеристик проводимости, обратных характеристик, а так же сравнение энергии потерь для RB-IGBT ключей и обычных IGBT четвертого поколения с последовательно включенным диодом, позволяет сделать вывод о том, что потери проводимости и переключения у первых значительно ниже. Падение напряжения на открытых ключах RB-IGBT составляет 3 В. При использовании обычного IGBT четвертого поколения с последовательным диодом это напряжение составляет 3,8 В. Ключи RB-IGBT имеют очевидные преимущества (с учетом характеристик диодов), что позволяет использовать их при относительно высоких частотах коммутации.

Таким образом, использование современных IGBT-структур в матричных преобразователях переменного тока является целесообразным.

УДК 004.457

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА TDS 1002 ФИРМЫ TEKTRONIX К КОМПЬЮТЕРУ

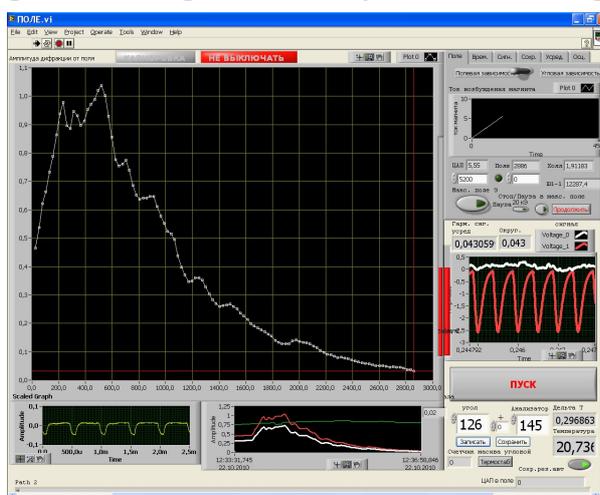
Д.А. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Одним из наиболее удачных решений в направлении разработки универсальных систем автоматизации является подход компании National Instruments – использование технологии виртуальных приборов на основе среды графического программирования LabVIEW.

На базе аппаратно-программных средств NI была реализована экспериментальная установка по изучению акустооптических характеристик антиферромагнетиков. Одной из частей установки является осциллограф Tektronix TDS 1002. Посредством RS-232 и среды программирования LabView 8.5 мы подключили осциллограф к компьютеру. На официальном сайте компании National Instruments представлены бесплатные драйверы для данного оборудования. Однако, имеющийся драйвер нас не устроил ввиду ограниченности применения функциональных возможностей осциллографа, поэтому мы разработали собственную программу для подключения осциллографа Tektronix TDS 1002 к персональному компьютеру через интерфейс RS-232.

Созданная программа интегрирована в лабораторную установку для исследования акустооптических явлений в антиферромагнетиках. Она позволяет получать массив с данными осциллограмм в режиме реального времени, сохранять их и выводить на печать. Для анализа поведения сигнала при изменении внешних условий (магнитное поле, температура исследуемого образца, положение приемника излучения) в программе реализована возможность трехмерного построения полученного набора осциллограмм.



Лицевая панель программы лабораторной установки

УДК 621.38

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Р.Р. СУЛЕЙМАНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. М.Ф. САДЫКОВ

Целью данной работы является модернизация многофункциональной автоматизированной экспериментальной установки для исследования акустооптических свойств магнитоупорядоченных веществ.

Открытые микропроцессорные системы сбора и обработки данных как наиболее универсальные, позволяющие гибко реагировать на появление новых современных устройств, находят все большее применение в автоматизации экспериментальных научно-исследовательских установок. Такая система способна к быстрой перестройке и адаптации к конкретному эксперименту.

Одним из наиболее удачных решений в направлении разработки универсальных систем автоматизации является подход компании National Instruments – использование технологии виртуальных приборов на основе среды графического программирования. В качестве управляющей программы будет использоваться язык графического программирования LabVIEW.

Для исследования акустооптических процессов, таких как магнитно-зависимая дифракция и магнитная рефракция, используется установка, состоящая из инфракрасного лазера с источником питания, оптической системы формирования луча, фотоприемника, электромагнита с блоком питания, системы формирования мощных акустических цугов (генератор, модулятор, усилитель) и супергетеродинного широкополосного приемника на диапазонах 50–800 МГц. Эта установка позволяет изменять значение амплитуды сигнала с помощью стробоскопического вольтметра В9-5, но не позволяет получать эхоимпульсные картины, что необходимо для наблюдения дальних звуковых импульсов, например, при изучении рефракции.

Необходимо модернизировать установку, чтобы иметь возможность накапливать и усреднять эхоимпульсные картины, кроме того, время измерения не должно превышать нескольких секунд, так как необходимо снимать серии картин от поля, температуры или положения электродов.

УДК 621.024

МЕТОД МНОГОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА

Ш.Р. ЗИННУРОВ, Б.И. ШАЙГАРДАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **В.И. КАПАЕВ**

Состав молока существенно влияет на его питательные свойства и на технологические процессы его дальнейшей переработки. Химический состав молока может незначительно колебаться. Вместе с тем в практике молочных ферм, перерабатывающих предприятий молочной промышленности, лабораторий ветсанэкспертизы встречаются самые разнообразные формы фальсификации молока, наличие в нем посторонних примесей и химических ингибиторов. Проблема фальсификации молока, приобретающая в настоящее время мировой характер, имеет тенденцию к обострению. Успех борьбы с фальсификацией молока зависит прежде всего от наличия эффективных, экспрессных методов и средств выявления фальсификации молока. Однако в настоящее время практически все способы выявления факта и характера фальсификации молока относятся к физико-химическим методам анализа, которым свойственны однокомпонентность и неэкспрессность.

Для выявления факта и характера фальсификации молока как разнокомпонентной жидкости предлагается один из электро-физических методов анализа – импедансометрический метод анализа. Как известно, в состав молока с фальсифицирующими примесями входят ионы, пространственно ориентированные полярные и неполярные макромолекулы различных линейных размеров компонентов. Разный состав молока содержит их в неодинаковой пропорции, поэтому каждый из них обладает различными диэлектрическими свойствами и электропроводностью, что отражается на изменении импеданса анализируемой пробы молока, представляющего собой полное сопротивление пробы молока переменному току. Причем величина и характер импеданса зависят не только от компонентного состава анализируемой пробы молока, но и от частоты переменного тока. Таким образом, суть метода многочастотной импедансометрии состоит в определении характерных для данного типа фальсификатора молока значений параметров поляризации, которые выражены через физические величины электропроводности и диэлектрической проницаемости, определяемые при различных частотах тока.

УДК 339.138

**РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ СРЕДСТВАМИ СРЕДЫ ГРАФИЧЕСКОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ ELECTRONICS WORKBENCH**

Р.В. АБЗАЛОВ, И.З. АКБЕРОВ, Р.Ф. АХМЕТШИН, А.С. ВОЗЯКОВ,
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ;
канд. техн. наук, доц. В.В. ОРЕХОВ

При традиционной методике изучения электротехники достичь процесс познания практически невозможно из-за ограниченного доступа к лабораторному оборудованию. Существует большое число пакетов программ компьютерного моделирования электротехнических устройств. Большинство из них рассчитано на специалистов, занимающихся схемотехническим проектированием аналоговых и цифровых устройств радиоэлектроники и автоматики, требует серьезной представительной подготовки пользователя и наличия у него специальных знаний и представляет значительные трудности в освоении.

Значительное расширение круга пользователей возможно лишь тогда, когда процесс моделирования будет максимально приближен к реальному эксперименту. В этом случае обучающийся, осуществляя естественную последовательность таких операций как сборка схемы, подключение к ней измерительных приборов, задание параметров генераторов входных воздействий и установка на панелях измерительных приборов, таких как амперметр, вольтметр, мультиметр, генератор, осциллограф, делает процесс исследования наиболее естественным и понятным. Кроме того, пользовательский интерфейс программы моделирования должен быть максимально интуитивен, предельно прост и доступен обучающимся, имеющим начальные навыки работы на компьютере с операционной системой Windows, что значительно упростит и ускорит процесс ее освоения обучаемыми. Отбор по таким критериям приводит к выбору наиболее популярной, простой и доступной программы компьютерного моделирования и анализа электротехнических и электронных устройств Electronics Workbench (EWB) (электронная лаборатория).

Моделирование в среде EWB выполняется без формул, на языке принципиальных электрических схем. По наглядности и восприятию традиционных схемных решений, а также по уровню приобретения практических навыков работы с разнообразными измерительными приборами в настоящее время ей нет равных. Поэтому для разработки лабораторного практикума была выбрана программа EWB как самая легко осваиваемая, с простым пользовательским интерфейсом.

УДК 339.138

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДАХ MATHCAD И ELECTRONICS WORKBENCH

Р.С. ГАТАУЛЛИН, И.И. ЗАКИРОВ, Р.С. УМЫЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ;

канд. техн. наук, доц. Н.А. ТАРАСОВА

Расчетно-графические работы (РГР) по электротехнике выполняются с помощью определенных стандартных математических операций, например:

- решение линейных алгебраических и дифференциальных уравнений;
- алгебраические действия с комплексными числами;
- прямое и обратное преобразования Лапласа и др.

Использование современных средств вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения позволяет не только упростить и облегчить процедуру выполнения типовых расчетов, но и значительно расширить понимание физических процессов, ввести элементы исследований при проведении экспериментов.

Наиболее перспективным инструментом при выполнении РГР является персональный компьютер с установленными на нем математической оболочкой MathCAD и программой схемотехнического моделирования Electronics Workbench (EWB).

Пакет MathCAD позволяет проводить исключительно математические расчеты по уравнениям, составленным на основе законов Кирхгофа, что в принципе не гарантирует безошибочный результат, так как ошибка может присутствовать в самих исходных уравнениях или в вычислениях необходимых для получения искомых величин.

При использовании пакета схемотехнического моделирования EWB есть возможность создания виртуальных электрических цепей и устройств из различных элементов, параметры которых могут изменяться в широких пределах. В лаборатории EWB имеется большой набор измерительных и регистрирующих приборов это: двухканальный цифровой осциллограф с памятью, измеритель частотных характеристик, мультиметр, а также вольтметры и амперметры. Результаты моделирования в среде EWB способствуют более глубокому пониманию реальных физических процессов в электрических цепях. В качестве примера сюда можно отнести в частности определение угла сдвига фаз между током и напряжением в цепях переменного тока, анализ с помощью осциллографа переходных функций тока и напряжения в линейных электрических цепях, вызванных коммутацией и многое другое.

УДК 621.024

АППАРАТ ЗАЩИТЫ ОТ АНОМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СЕТИ

А.М. ГОНЧАРОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Во многих регионах нашей страны качество электроснабжения сегодня оставляет желать лучшего. Напряжение в бытовой сети переменного тока не только «плавает» от 160 до 260 В, но и имеет частые короткие всплески и провалы, приводящие к сбоям в работе электроприборов. Вводя в аппаратуру стабилизаторы напряжения, ее делают нечувствительной к медленным изменениям его значения. С всплесками напряжения более или менее успешно борются с помощью фильтров и варисторов. Но сбой в работе электронного устройства, вызванный кратковременным понижением напряжения питания, зачастую кажется необъяснимым, поскольку заметить такое понижение «на глаз» очень сложно.

Предлагаемый электронный аппарат предназначен для защиты электро- и радиоаппаратуры от аварийных ситуаций, связанных с отклонением напряжения в сети за пределы допустимых значений. Оно отключает автоматически аппаратуру от сети, если напряжение станет менее 180 В или превысит 240 В. Пороги отключения можно установить по желанию пользователя.

Кроме того, в состав электронного аппарата входит устройство предназначенное для сигнализации о кратковременном значительном понижении напряжения в сети 220 В, которое не всегда удастся заметить по мерцанию ламп накаливания. Эта несложная конструкция сигнализирует о возможной причине неожиданной перезагрузки компьютера, сбое программы микроволновой печи, стиральной машины, внезапного выключения телевизора. Следует заметить, что при подобных «провалах» сетевого напряжения некоторые персональные компьютеры, телевизоры и другие приборы, не отключенные от сети полностью, а находящиеся в дежурном режиме, могут самопроизвольно переходить в рабочий режим. Сигнализатор, извещает о подобном кратковременном значительном понижении напряжения в сети. Это снимет с неожиданно выключившегося или включившегося бытового прибора подозрения в неисправности и направит усилия по устранению причины происшествия в нужное русло.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Д.Е. ПИРИ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем электроснабжения является повышение качества электрической энергии. В связи с этим возникает практическая потребность в обследовании электрических сетей с целью определения показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Данная задача является технически сложной, так как обследуемые процессы характеризуются большим количеством показателей и норм качества электроэнергии. Кроме того, при определении значений большинства ПКЭ необходимо выполнить большой объем измерений с высокой точностью и одновременной математической и статистической обработкой результатов измерения значений параметров. Решить эту задачу традиционными методами и техническими средствами не рационально и даже практически невозможно.

Для решения данной задачи рядом специалистов предлагается использовать технологии создания виртуальных измерительных приборов. Технология виртуальных измерительных приборов объединяет аппаратные средства и прикладное программное обеспечение с промышленными компьютерными технологиями для решения измерительных задач. Однако при реализации аппаратной части виртуальных измерительных приборов применительно к контролю качества электрической энергии возникает проблема выбора устройств масштабирования и гальванической развязки. Применяемые в известных виртуальных измерительных системах контроля ПКЭ устройства масштабирования и гальванической развязки либо сложны, либо имеют низкие метрологические характеристики. Предлагается использовать в качестве таких устройств датчики тока и напряжения на основе эффекта Холла.

УДК 621.3. 024

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ

И.И. ГИЗЗАТУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Качество трансформаторного масла определяется многими факторами, среди которых немаловажное значение имеет его обводненность. Вода в трансформаторном масле может находиться в разных агрегатных состояниях – растворенная, свободная и эмульсионная. Растворенная вода, особенно в комбинации с полярными продуктами старения масла и кислотами, существенно влияет на диэлектрические характеристики жидких и твердых изоляционных материалов, в несколько раз усиливает коррозию металлов, контактирующих с трансформаторным маслом. Непрерывный контроль влагосодержания масла на протяжении длительного периода времени и принятие соответствующих мер при внезапном росте или недопустимо высоком влагосодержании поможет продлить жизнь маслonaполненного оборудования, сохранить его высокие технические характеристики и эксплуатационную надежность. Поэтому содержание воды в трансформаторном масле целесообразно, а в ряде случаев просто необходимо контролировать. Методы контроля должны быть экспрессными, экономичными, удобными в работе.

Известно, что наибольшей простотой и экспрессностью обладают электро-физические методы анализа. Однако сложность их реализации состоит в том, что трансформаторное масло, являясь высококачественным диэлектриком, имеет очень большое удельное сопротивление электрическому току. Капля воды в трансформаторном масле, даже помещенная между двух электродов, не может быть проконтролирована простым мегаомметром на постоянном токе, так как пленка трансформаторного масла, окружающая каплю, не позволяет ей плотно соприкоснуться с электродами, из-за чего электрическое сопротивление в цепи не может существенно уменьшиться. Для индикации свободной воды в трансформаторном масле предлагается использовать диссипативный кварцевый преобразователь электрической энергии, обладающий высокой чувствительностью к изменению больших значений электрического сопротивления.

УДК 339.138

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ
ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ LABVIEW**

И.И. ГАЛИУЛЛИН, З.К. ШАЙХУТДИНОВ, И.С. ШАРАПОВ,
А.Д. ШЛЯХТИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

В работе предлагается новая концепция построения измерительных средств – виртуальные приборы. Виртуальный прибор – это плата, устанавливаемая в компьютер (в слот ISA или PCI) или внешнее устройство, подключаемое через LPT- или USB-порт, в комплекте с соответствующим программным обеспечением. Составной частью технологии виртуальных приборов является набор аппаратных и программных средств, которые позволяют взаимодействовать с компьютером как с обычным электронным прибором. Существенная часть виртуального инструмента и виртуальной лаборатории – эффективный графический интерфейс пользователя. Работая таким образом, пользователь на экране монитора видит реальную панель управления нужного прибора. На сегодняшний день одной из наиболее популярных сред разработки виртуальных приборов является программная среда LabVIEW. Основной ее особенностью является то, что эта среда позволяет с легкостью создавать пользовательский интерфейс прибора, реализовывать управление прибором, обработку и отображение данных. В LabVIEW вы имеете возможность размещения на лицевых панелях ваших виртуальных приборов таких элементов как кнопки, переключатели, лампочки, ручки регулировки, циферблаты, графические панели и т.п., что позволяет воссоздавать внешний вид традиционных приборов.

УДК 621.024

АППАРАТ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ОТ ПЕРЕГРУЗОК

И.Р. ГАЛИУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. КАПАЕВ

Проблема надежной защиты от перегрузок электродвигателей, а соответственно, и механизмов, в которых они установлены, до сих пор очень актуальна. Особенно на производстве, где нередко случаются нарушения установленных правил эксплуатации механизмов, приводящие к перегрузкам, да и аварии изношенного оборудования иногда происходят (заклинил редуктор, «рассыпался» подшипник, замыкание в кабеле или

обрыв фазного провода). Во всех этих случаях предлагаемый электронный аппарат защиты надежно срабатывает, выключая электродвигатель.

Защитные функции аппарат реализует следующим образом. Если после пуска ток двигателя за 3 с не уменьшится до рабочего, то двигатель будет автоматически выключен аппаратом. Аналогичные процессы произойдут и при увеличении тока сверх допустимого рабочего в результате механической перегрузки двигателя. Если ее продолжительность менее 3 с, двигатель продолжит работать, а если больше – он будет выключен.

Данный электронный аппарат защиты электродвигателя от перегрузок заменяет два блока традиционного электромагнитного пускателя – блоки защиты по максимальному току (ПМЗ) и по рабочему току (ТЗП), которые в случае неисправности довольно трудно восстановить. Оно значительно превосходит их по надежности и точности установки порогов срабатывания, кроме того, пределы регулирования порогов у него намного шире.

УДК 621.024

КОРРЕКТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

А.И. САДЫКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Современные импульсные источники питания с сетевым выпрямителем и емкостным фильтром потребляют ток импульсно, что приводит к искажениям формы сетевого напряжения и, как следствие, к появлению гармонических составляющих, но самое главное – к снижению коэффициента мощности (КМ).

По определению КМ численно равен отношению активной P к полной S мощностей, потребляемых нагрузкой $I=P/S$ (Вт/В·А), при этом активная мощность расходуется на совершение полезной работы. Полная мощность – геометрическая сумма активной, реактивной мощностей и мощности высших гармоник. Считается, что идеальное значение КМ это 1, 0,95 – хороший показатель, 0,9 – удовлетворительный, а 0,8 и менее – плохой. Следует отметить, что типовые значения КМ для большинства источников питания компьютерного оборудования и блоков питания с выпрямителем и конденсаторным фильтром составляют 0,65 – 0,7. Для его повышения

применяют специальные преобразователи напряжения, называемые корректорами КМ (ККМ).

Предлагаемый корректор КМ построен на основе специализированной микросхемы – контроллера, которая управляет накопителем энергии. Накопление энергии осуществляется в магнитопроводе трансформатора во время паузы в импульсе тока, потребляемого импульсным источником питания. При появлении импульса потребляемого тока накопленная энергия передается в нагрузку. Этим достигается улучшение формы кривой потребляемого из сети тока, а, следовательно, уменьшение искажения формы сетевого напряжения и, как следствие, к уменьшению гармонических составляющих, но самое главное – к увеличению коэффициента мощности.

Построенный на таком принципе действия корректор мощности имеет небольшие массу и габариты и при максимальной мощности нагрузки до 1 кВт, а КПД не менее 95 % обеспечивает коэффициент мощности не менее 0,995.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ТОКОВОГО СИГНАЛА

Б.Т. КАЛАЛА, КГЭУ, г. Казань

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

Эксплуатация находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии электродвигателей приводит к прямым финансовым потерям, связанным с непрогнозируемым выходом из строя оборудования и вызванным этим нарушением технологического процесса, к значительным косвенным непродуктивным затратам электроэнергии, обусловленным повышенным электропотреблением. Применяемые в настоящее время методы и средства диагностики состояния электродвигателей требуют либо размещения непосредственно на оборудовании специальных датчиков, либо выведения двигателя из работы. Предлагаемый метод диагностирования электродвигателей на основе анализа спектра потребляемого тока основан на том факте, что любые возмущения в работе электрической и/или механической части электродвигателя и связанного с ним устройства

приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого электродвигателем тока. Выполнение мониторинга тока работающего двигателя и последующий специальный спектральный анализ полученных данных позволяют определить наличие повреждений.

Практическая реализация метода диагностирования состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока предполагает разработку не только технических средств получения спектрограммы, но и средств качественной и количественной ее оценки. Данная задача является технически сложной. Необходимо выполнить большой объем измерений с высокой точностью и одновременной математической и статистической обработкой результатов измерения и их хранения в массивах. Решение данной задачи возможно на основе использования технологии создания виртуальных измерительных приборов. Выполнение этой работы позволит провести полномасштабную натурную диагностику и анализ условий работы парка электродвигателей и связанных с ними механических устройств, существенно сократить как затраты, связанные с «неожиданными» отказами оборудования, так и снизить непродуктивные затраты электроэнергии.

УДК 621.024

АППАРАТ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ НЕПОЛНОФАЗНОГО РЕЖИМА

С.Т. МАРКЕШ, КГЭУ, г. Казань

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

Как известно, при эксплуатации электроустановок контроль изоляции может осуществляться периодически или непрерывно. Промышленность выпускает различные приборы непрерывного контроля изоляции для электроустановок напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью. Для электрических сетей с глухозаземленной нейтралью такие приборы практически не выпускаются, поэтому состояние изоляции электродвигателей контролируется периодически перед их пуском с помощью мегомметра, при этом электродвигатель отсоединяется от электрической сети. Однако перевод электрооборудования на работу без постоянного дежурного персонала не может быть осуществлен без автоматизации отдельных операций в процессе подготовки и пуска электродвигателя. Одной

из таких операций является контроль сопротивления изоляции обмоток двигателя, отсутствие которой не позволяет полностью перейти на автоматическое управление механизмом.

Кроме того, одной из распространенных причин выхода из строя трехфазных асинхронных двигателей (АД) является их работа в неполнофазном режиме, который возникает, например, из-за перегорания плавкой вставки предохранителя в силовой цепи АД вследствие короткого замыкания или неправильного ее выбора. Отказы АД из-за неполнофазного режима составляют 40 – 50 % от общего числа аварийных режимов.

Предлагается простое комбинированное устройство, которое автоматически оценивает величину сопротивления изоляции обмотки статора трехфазного низковольтного асинхронного двигателя относительно «земли» (корпуса) при его пуске и в зависимости от значения этого сопротивления «дает разрешение» на его пуск при нормальном состоянии изоляции обмоток или «запрещает» пуск АД при пониженном сопротивлении изоляции обмоток. Одновременно устройство контролирует целостность цепи плавких вставок предохранителей в фазах двигателя при его работе. Отказ любого из предохранителей приводит к отключению двигателя от сети.

УДК 621.38

МНОГОЧАСТОТНЫЙ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.И. ФАТКУЛЛИН, КГЭУ, г.Казань

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

Практика эксплуатации свидетельствует, что наиболее слабый элемент асинхронного двигателя – обмотка статора, на долю которого приходится свыше 80 % отказов от их общего числа, из них по вине увлажнения изоляции – 38 %. Попытки защиты от увлажнения дополнительными средствами не дали положенного эффекта. Решение этой проблемы возможно за счет своевременного диагностирования степени увлажнения изоляции и ее последующей сушки. Однако не смотря на то, что в настоящее время существуют различные методы контроля степени увлажнения изоляции, все они не находят широкого применения из-за громоздкости, больших трудозатрат на измерения и зачастую низкой эффективности.

Эта задача может быть решена за счет применения многочастотного импедансометрического метода анализа. При этом качество диагностируемого параметра увлажнения изоляции предполагается использовать импеданс изоляции – комплексное сопротивление изоляции к переменному току, величина которого зависит от частоты переменного тока и степени увлажнения изоляции. Степень увлажнения изоляции оценивается путем математической обработки результатов измерения импеданса на двух частотах.

УДК 621.38

РАЗРАБОТКА МАШИННОГО АЛГОРИТМА СИНТЕЗА ПРОГРАММ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА ПОНИЖЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

А.И. ФАРРАХОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Одной из эксплуатационных проблем сетей оперативного постоянного тока энергосистем и подстанций является большая вероятность пониженного сопротивления изоляции. При этом в большинстве случаев задача локализации места пониженного сопротивления изоляции решается путем последовательного электрического разобщения элементов сети с последующим контролем значения сопротивления изоляции. Решать эту задачу приходится в напряженной ситуации в условиях острого дефицита времени и пошагового поступления исходной информации для выработки управляющих воздействий. Все это вынуждает диспетчерские службы вести поиск, полагаясь в основном на свой опыт, память и интуицию. Очевидно, что в этом случае основные количественные показатели, характеризующие эффективность управления, не будут минимальными. Применение оптимальных стратегий в работе диспетчерских служб позволяет вести поиск повреждения изоляции не бессистемно, не интуитивно, а на основе конкретных расчетов, минимизирующих заданные критерии. Предлагается строить программы локализации места заниженного сопротивления изоляции на основе графической модели процесса построения оптимальной программы. При этом вычислительная процедура достаточно просто алгоритмируется и поддается компьютеризации, что существенно облегчает процесс построения эффективных программ локализации мест пониженного сопротивления изоляции в цепях постоянного оперативного тока.

УДК 621.039.564

ЦИФРОВОЙ ТЕРМОРЕГУЛЯТОР

Т.Т. ГАРАФУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. КАМИНСКИЙ

Целью работы была разработка многоканального цифрового терморегулятора, позволяющего осуществлять регулирование температуры и рассчитанного на активную нагрузку. Данное устройство питается от сети $220 \text{ В} \pm 20 \%$, на промышленной частоте 50 Гц. Устройство регулирует температуру нагревателя с точностью $\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Структурная схема устройства состоит из трех функциональных узлов: измерительной части, микропроцессорной части и управляющей части, осуществляющей управление нагрузкой.

Для управления тиристорным драйвером, необходимо усилить ток канала управления от микропроцессора к оптопаре. Для этого применяется каскад усиления на основе маломощного биполярного транзистора.

Для регулятора были использованы симметричные тиристоры с гальванической развязкой оптопары. Система управления построена на цифровом микропроцессоре и позволяет изменять напряжение на нагрузке в пределах $0 - 220 \text{ В}$.

Особенностью описываемого цифрового терморегулятора является способность качественно регулировать температуру независимо от температуры окружающей среды.

УДК 621.317.353

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГАРМОНИК В СРЕДЕ ELECTRONICS WORKBENCH

Д.Р. АКСАКОВ, Д.А. ИГОНИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. КАМИНСКИЙ

Целью проведения данной работы была разработка в среде Electronics Workbench виртуального устройства, позволяющего наблюдать за изменением показателя качества электроэнергии – коэффициентом гармоник

в цепях с переменным несинусоидальным напряжением и различными видами нагрузки.

В связи с быстрым ростом применения устройств с нелинейной вольт-амперной характеристикой, которые генерируют в сеть высшие гармоники, появилось достаточно большое количество возмущений в электросетях. Эти возмущения могут стать причиной систематических неполадок и сбоев электрооборудования. Поэтому возникает необходимость измерения и учета такого параметра, как коэффициент гармоник.

Предлагаемое устройство, смоделированное в среде Electronics Workbench, позволяет с высокой точностью измерять коэффициент гармоник. В эту модель входит пассивный режекторный фильтр, который подавляет частоту основной гармоники. Преимуществами пассивного режектора являются меньшие собственные нелинейные искажения, шумы и фон. Отсутствие необходимости в источнике питания не усугубляет и без того серьезные проблемы замыкания токов помех, протекающих по общему проводу – через общую сеть питания.

Достоинством данного метода измерения коэффициента гармоник в среде Electronics Workbench является доступность и простота измерений. А так же возможность, не прибегая к трудоемким, дорогостоящим экспериментам на стадии проектировки определить эффективность устройства с учетом одного из параметров качества электрической энергии.

УДК 621.3.018.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРО-КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ГАРМОНИК ПРИ ПЕРЕМЕННОМ НЕСИНУСИДАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ В СРЕДЕ ELECTRONICS WORKBENCH

Д.А. ИГОНИН, Д.Р. АКСАКОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.С. КАМИНСКИЙ

Целью работы является исследование влияния фильтро-компенсирующих устройств на коэффициент гармоник при переменном несинусоидальном напряжении на выходе у инвертора системы управления электродвигателем.

Частотное управление подразумевает использование полупроводниковых устройств. А их применение в силовой сети оказывает негативное влияние на качество электрической энергии. Причина тому –

нелинейный и импульсный характер процесса преобразования электрической энергии. Отсюда появляются высшие гармоники тока и напряжения. Вследствие их появления возрастают потери мощности, понижается КПД двигателей, наблюдается перегрев. Для того, чтобы избежать негативные воздействия полупроводниковых устройств используют фильтро-компенсирующие устройства.

В среде Electronics Workbench были проведены исследования влияния на коэффициент гармоник таких фильтро-компенсирующих устройств как: линейный дроссель, активный фильтр, пассивный скомпенсированный и нескомпенсированный фильтр.

В результате были сделаны выводы, что линейные дроссели повышают коэффициент гармоник, но не позволяют уменьшить гармонические искажения тока до желаемых пределов. Для их улучшения наиболее эффективно применить пассивные LC-фильтры, которые можно настроить на определенную нумерацию гармоник, а также у них меньшие собственные нелинейные искажения. Применение на выходе системы управления пассивных нескомпенсированных фильтров результаты исследования показали наиболее оптимальным по отношению к скомпенсированным фильтрам. А наилучшие результаты получилось достичь при помощи активных фильтров. Их применение позволяет не только улучшить коэффициент гармоник, но также они просты с согласованием фильтра с нагрузкой. В них нет катушек индуктивности, которые приводят к отклонению расчетных характеристик фильтра от реальных значений.

УДК.621.79

АНАЛИЗ ВЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ОПТИЧЕСКОЙ СВАРКИ

БИСВАС КАМАЛЕШ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.З. КАМАЛЕТДИНОВ

Целью работы является изучение влияния возможных факторов при оптической сварке. Оптическая сварка обеспечивает беспрепятственное прохождение сигнала из одного кабеля в другой с минимальной потерей (менее 0,1 Дб) и с минимальным отражением. Теоретически можно сварить два волокна без потери, но на практике такого не встречается. Для сварки используются автоматические сварочные аппараты.

Встречаются следующие факторы, противоречащие минимизации потери:

- 1) два кабеля от двух разных производителей – в этом случае диаметр и материал кабелей различаются;
- 2) выбор соответствующей программы для определенного типа кабеля;
- 3) низкий ток расплавления и слишком короткое время предплавления – в этом случае центр кабелей не расплавляется;
- 4) загрязненные электроды, большой ток расплавления, длительное время предплавления, большой ток предплавления, короткая подача кабелей – в этом случае после расплавления появляется тупик и зазор;
- 5) слишком большой ток расплавления, замедленная скорость подачи кабелей, длительное время предплавления, большой ток предплавления, большой зазор перед сваркой и загрязненные электроды – в этом случае место соединения сужается;
- 6) скорость подачи слишком быстрая и не соответствующий ток – в этом случае место соединения укрупняется;
- 7) загрязненные торцов волокна, слабое расщепление, большой ток расплавления, низкое время предплавления и низкий ток предплавления – в этом случае появляется пузырь.

УДК 621.316

АКСИОМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ОСНОВЕ ВЫБОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Д.А. НАСЫРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Разнообразие строящихся объектов, большой ассортимент применяемых при этом электрических аппаратов и коммутирующей аппаратуры делают выбор электрических аппаратов многокритериальной задачей научного поиска. Часто возникает необходимость принятия решения по тому или иному варианту применения нужных технических средств.

Важнейшей частью задачи принятия решения является определение принципа оптимальности. В теории выбора и принятия решений при определении принципа оптимальности критерия и аксиоматический метод.

В многокритериальных задачах, где требуется гарантировать оптимальность функционирования системы при решении каждой задачи, находит применение аксиоматический метод определения принципа оптимальности. Сущность данного метода заключается в том, что принцип

оптимальности задается не в явном виде, а посредством своих функциональных и других свойств (аксиом). Применение аксиоматического метода при выборе электрических аппаратов электроснабжения строительных площадок должно быть основано на тщательном анализе технологического процесса строительства конкретного объекта, существующего рынка современных строительных машин и электрических аппаратов, возможностей строительных организаций, географических и климатических особенностей местности, характеристик существующих точек подвода электроэнергии и т.п.

Сформулированные с учетом этого аксиомы позволят разработать приемлемые варианты применения электрических аппаратов для их последующей оптимизации.

УДК 681.3:620.9

ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ

Д.И. ОРЕШИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Н.Л. БАТАНОВА

Целью данной работы является анализ современных импульсных источников вторичного электропитания на этапе проектирования. Задача исследования: рассмотрение практических рекомендаций по обеспечению надежности импульсных источников вторичного электропитания.

У импульсных источников отказы происходят не реже, а даже чаще, чем вообще у силовых устройств, так как импульсные ИВЭ, работающие на высоких частотах преобразования, представляют собой одни из самых сложных СУ, а так же в питающей сети переменного тока часто случаются различные аномальные явления и аварии и, кроме того, к выходу источника, как правило, подключено большое количество устройств потребителей с различными режимами работы, что повышает вероятность возникновения различных аварийных ситуаций.

Для обеспечения надежной работы ИВЭ, особенно с питанием от сети переменного тока, при проектировании необходимо выполнить основной алгоритм разработки надежных силовых устройств, что предполагает: наличие узлов контроля состояния первичной сети электропитания и отключения при необходимости; ограничение пусковых токов и плавный

пуск; выполнение силовой части на надежных силовых компонентах; выбор оптимальных коэффициентов электрической нагрузки силовых компонентов; наличие устройств комплексной защиты от токовых и других перезагрузок; выполнение мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости; рациональные решения по эффективному отводу тепла, обеспечению необходимого качества электроизоляции, рациональному электромонтажу. Особое значение имеет рациональный выбор и оптимальное проектирование: схем ограничения пусковых токов, корректоров коэффициента мощности, преобразователей напряжения в зависимости от мощности, а так же от частоты преобразования, силового ВЧ-трансформатора.

Автором проведен анализ практических рекомендаций для проектирования надежных импульсных ИВЭ.

Полученные результаты можно использовать при разработке ИВЭ.

УДК 621.316

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Е.Т. НАНЖЕМБА, КГЭУ, г. Казань

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

Развитие новых технологий для систем с возобновляемыми источниками энергии, в частности солнечной энергии, требует обследования и пересмотра в целях совершенствования этих технологий и их последующей модернизации. Такой анализ необходим для повышения качества систем солнечной энергетики и ее надежности во время дождливых, облачных дней и ночью. Поэтому возникает необходимость рассмотреть вопросы оптимизации сбора, хранения и использования энергии в гелиоустановках. Решение этого вопроса возможно с помощью контроллера, который будет выполнять функции контроля процесса зарядки аккумулятора и обеспечения электроэнергией потребителей. Другой его функцией является мониторинг процесса разряда: предупреждение пользователей и выключение нагрузки при разрядке аккумулятора до определенного устанавливаемого значения.

В среде Multisim разработана виртуальная схема контроллера и проведены испытания на выполнение всех функций, для решения которых он предназначен. К схеме подключены: виртуальный источник энергии постоянного тока, выполняющий функции солнечной батареи (СБ), заряжаемый конденсатор 12 В, имитирующий аккумуляторную батарею (АБ), а также потребляемая электроэнергия нагрузка. Средства среды

моделирования позволяют подключать различные виртуальные приборы регистрации и анализа процессов в схеме с сохранением данных в памяти компьютера, что предоставляет пользователю широкие возможности для решения исследовательских задач. Для целей проектирования контроллера разработана монтажная схема, разводка печатной платы и 3D вид устройства с установленными компонентами. Применение среды LabVIEW и ее приложений позволит протестировать работу виртуальной схемы контроллера в составе системы, состоящей из реальных элементов гелиоустановки: солнечного модуля, накопителя и потребителя энергии.

УДК 620.179

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЛУЧАЙНОЙ ВИБРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ ФИЛЬТРОВ

А.Б. БАШИРОВА, А.Ф. ШАРАФИЕВ КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Р. АСКАРОВ

При определении виброустойчивости и виброненадежности машин, приборов и аппаратуры используют способы и устройства формирования широкополосных случайных механических колебаний, основанные на разделении всего частотного диапазона на полосы частот и контроле в них уровней спектральных плотностей мощности воспроизводимой вибрации. Частотное разделение каналов управления осуществляется полосовой фильтрацией в формирователе и анализаторе и имеет области взаимного перекрытия соседних каналов, обусловленные неидеальностью операторов преобразования реальных устройств. Перекрытие частотных характеристик фильтров приводит к погрешности измерения спектра и снижает точность устройства для виброиспытаний.

Для уменьшения указанной погрешности предлагается способ в котором формируются узкополосные случайные сигналы, созданные путем случайной частотной модуляции гармоник в определенных диапазонах. Для оценки вибрации используются полосовые фильтры, средние полосы

которых настроены на мгновенные частоты гармоник в соответствующих каналах формирователя.

Способ может быть реализован в виде устройства для виброиспытаний изделий, состоящего из параллельных каналов формирования случайных сигналов, каждый из которых содержит последовательно соединенные: генератор шума, фильтр нижних частот, генератор гармонического сигнала и регулируемый усилитель, сумматор, усилитель мощности, вибростенд, вибровозбудитель, датчик вибрации, частотно-модулированный фильтр, амплитудный детектор, блок сравнения и блок задания. Ввиду того, что полоса пропускания частотно-модулированного фильтра меньше полосы канала, погрешность от взаимного перекрытия анализирующих фильтров существенно ниже, чем в традиционной схеме.

За счет уменьшения погрешности использование данного устройства позволяет повысить точность формирования спектра, что в свою очередь повышает качество вибродиагностических испытаний.

УДК 620.179

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Л.Ф. ГАЗИЗОВ, КГЭУ г. Казань

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

Современные технологии требуют непрерывного контроля за многими параметрами технологического процесса и состояния оборудования. Одними из важнейших являются параметры механического движения, в частности параметры периодических перемещений исследуемого объекта в пространстве (вибрации).

Существует две группы методов измерения параметров вибрации: контактные, подразумевающие механическую связь датчика с исследуемым объектом, и бесконтактные, т.е. не связанные с объектом механической связью.

Наиболее распространенными являются контактные методы измерения вибрации с помощью пьезоэлектрических датчиков. Они позволяют проводить измерения с высокой точностью в широком диапазоне частот и относительно большом динамическом диапазоне, что позволяет их использовать для исследования механических колебаний электродвигателей.

Механические колебания конструкции машины классифицируются как широкополосные случайные сигналы, некоторые статистические

характеристики которых изменяются во времени, что свидетельствует об их нестационарности. Анализ таких сигналов наиболее информативен в частотной области который осуществляется путем разложения реализации в базисе частотно-временных функций. Наиболее перспективным частотно-временным преобразованием является вейвлетное, обладающее относительным разрешением и потому чувствительное к высокочастотным и к низкочастотным всплескам в исследуемом сигнале. Анализ эффективен и для переходных режимов в работе оборудования, к числу которых относится старт и останов. В работе проведены эксперименты на асинхронных двигателях, обработаны вибросигналы при их работе, получены вейвлет-диаграммы различными материнскими вейвлетами. Полученные результаты могут использоваться в качестве эталона при изучении вопросов о связи параметров вейвлет-диаграмм и развитии дефектов.

УДК 620.179

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Д.В. ГУСЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

С практической точки зрения наиболее перспективными являются методы неразрушающего контроля, позволяющие проводить диагностику оборудования и выявлять дефекты без вывода его из эксплуатации, к числу которых относятся вибрационные. Преимуществами метода являются: возможность обнаруживать скрытые дефекты, получать информацию о состоянии оборудования, находящегося в труднодоступных местах, а также производить мониторинг и исследовать дефекты на разных стадиях его развития. Объектами исследования метода может быть энергетическое оборудование, в процессе функционирования которого возникают переменные динамические силы, приводящие к механическим колебаниям.

Современные приборы строятся на базе цифровых устройств обработки информации. Во многих случаях оперативность получения данных о вибрации является важным условием для своевременного предупреждения ситуаций, которые могут создать угрозу жизни и здоровью человека или материальному имуществу. Использование современных технологий связи

дает возможность создавать системы, позволяющие получать информацию одновременно со значительного количества датчиков, оперативно обрабатывать ее и предоставлять оператору.

Для проведения исследований о связи параметров механических колебаний и технического состояния электродвигателей на базе лаборатории кафедры «Теоретические основы электротехники» разработан диагностический комплекс, состоящий из генератора колебаний, пьезоэлектрических акселерометров, усилителей сигналов, платы АЦП и компьютера со специализированным программным обеспечением. Комплекс прошел стадию тестовых испытаний по измерению вибрации асинхронных двигателей. В докладе представлен разработанный прототип, результаты замеров вибрации, обработки и спектрального анализа в переходных и стационарных режимах работы асинхронных машин различной мощности.

УДК 681.3:378.1

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОТЛАДКИ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ MC68HC908GP32 СЕМЕЙСТВА MOTOROLA

А.П. КАРПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

При проектировании и программировании систем управления на основе современных микроконтроллеров (МК) применяются различные технологии и средства отладки. При освоении нового семейства микроконтроллеров эффективна технология макетирования аппаратных средств при наличии соответствующего программного обеспечения. Преимущество данной технологии заключается в использовании отлаженных плат, которые позволяют сразу приобретать новые знания и навыки, не сомневаясь в случае непредвиденных ситуаций в работоспособности аппаратуры. К ним относятся специальные платы, которые принято называть платами развития (EVB) или стартовым набором разработчика (Starter Kit).

Целью данной работы является создание комплекса программ для проектирования и отладки управляющих устройств на МК MC68HC908GP32 семейства Motorola для оптимизации его отладочных функций. Данная разработка является актуальной и востребованной при изучении особенностей архитектуры, режимов работы системных и периферийных

модулей данного микроконтроллера, основных приемов, методов, способов и особенностей программирования на языке Ассемблера.

Разработанный нами программный комплекс состоит из отдельных стандартных программ, реализующих задачи обработки данных, ввода и вывода информации, временных функций. А также рассмотрены фрагменты программ на применение часто используемых команд с различными способами адресации операндов. Все стандартные программы комплекса разработаны и отлажены на лабораторном комплексе по проектированию управляющих устройств на МК MC68HC908GP32 семейства Motorola, и совмещенного с ним интегральной среды разработки WinIDE по структуре интегрированных средств отладки.

Таким образом, созданный нами комплекс программ используется как для формирования начальных навыков программирования микроконтроллеров при изучении дисциплины «Основы микропроцессорной техники» на практических занятиях и при выполнении лабораторных работ, так и при разработке и исследовании сложных систем управления на основе стандартных отладочных аппаратных платформ.

УДК 621.38

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ВОСЬМИ РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ФИРМЫ СЕМЕЙСТВА MOTOROLA

А.В. ВАСИЛЬЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

При проектировании управляющих устройств на основе современных микроконтроллеров (МК) одной из важнейших задач является представление информации о работе системы в удобном для восприятия виде.

Для отображения информации применяются различного рода индицирующие устройства. Они могут различаться как принципом формирования изображения, так и способом управления. Наиболее широко применяются цифровые семисегментные светодиодные индикаторы и индикаторы на жидких кристаллах.

Разработка представляет собой модернизацию аппаратных средств для лабораторного комплекса по проектированию управляющих устройств на основе восьми разрядного МК MC68HC908GP32, выполненная в виде платы расширения. Созданное аппаратное решение позволяет изучать принципы,

согласно которым происходит вывод информации из микроконтроллерной системы на устройства отображения различного типа.

Разработана библиотека схемных решений для отдельных модулей элементов отображения, присутствующих на плате расширения, и библиотека программ, осуществляющих управление индикаторами. Аппаратные модули реализованы в виде различных устройств для отображения цифровой информации. Программное обеспечение включает комплекс программ на языке Ассемблера, реализующих функциональные возможности микроконтроллера МК MC68HC908GP32 семейства Motorola и его системы команд.

Спроектированное решение является актуальным и востребованным при изучении способов вывода информации из микроконтроллерной системы и при разработке и исследовании сложных систем управления на основе стандартных отладочных аппаратных платформ.

УДК 621.314.5:681.515

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С НЕЧЕТКИМ ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ

Д.Н. ДЕМЬЯНОВИЧ, НИ ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.С. ВАДУТОВ

В настоящее время в импульсных преобразовательных системах широко применяются аналоговые ПИ-регуляторы, сочетающие простую аппаратную реализацию с отработанной методикой синтеза. Однако в условиях значительного варьирования напряжения источника питания и величины нагрузки динамические характеристики преобразователя с аналоговым регулятором, синтезируемым для наихудшего случая, не являются оптимальными. Поэтому в области преобразовательных устройств ведутся исследования по применению нечетких регуляторов, с помощью которых можно повысить их робастность и сохранить область устойчивости.

В докладе представлена реализация нечеткого регулятора на базе микроконтроллера TMS320F2812 для лабораторного макета преобразователя постоянного напряжения повышающего типа. Сигнал обратной связи – поступает на блок АЦП, который делает выборки с частотой 150 кГц. Полученные значения ошибки регулирования e и скорости ее изменения Δe поступают на вход нечеткого регулятора. Регулятор представляет собой базу правил, содержащую логические заключения о выходной величине –

изменении коэффициента заполнения импульса в ключевом элементе δd_k и интегратор, выполняющий ее интегрирование по методу прямоугольников. Характер функции управления по каждому из каналов настраивается отдельно путем изменения расположения термов лингвистических переменных. Частота работы ключа составляет 15 кГц.

В программе, написанной на языке Си (в интегрированной среде разработки Code Composer Studio 3.3), в соответствии с алгоритмом Мамдани реализованы все этапы нечеткого вывода, а именно фаззификация входных переменных, агрегирование и активизация подусловий, аккумуляция и дефаззификация. Для гибкости и удобства настройки регулятора все этапы выполнены в виде отдельных функций, а расположение термов нечетких лингвистических переменных осуществляется заданием характерных точек.

Для настройки расположения термов и отображения поверхности управления был использован набор инструментов Fuzzy Logic Toolbox из пакета прикладных программ MATLAB R2008b.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB-SIMULINK

А.Е. ЕРЕПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Растущие потребности российского рынка привели к тому, что на нем сегодня представлен широкий спектр производителей оборудования, реализующего различные функции интеллектуального здания, такого как информационно-вычислительный центр. Важнейшей составной частью, обеспечивающей функционирование информационных и телекоммуникационных систем, является система электроснабжения.

Электроснабжение, в свою очередь, характеризуется надежностью и качеством. Качество электроснабжения тесно связано со свойствами самих электроприемников оказывать влияние на качество и надежность работы системы электроснабжения.

В информационно-вычислительных и телекоммуникационных центрах основной системой качественного и надежного электроснабжения является система бесперебойного электроснабжения. Основу этой системы составляют источники бесперебойного питания, которые представляют собой

нелинейную нагрузку и являются источниками высших гармоник в сети переменного тока. Высшие гармоники приводят к отклонению кривой напряжения от синусоидальной формы, что может привести к неустойчивой работе или сбоям в работе ответственного электрооборудования.

В данной работе было проведено исследование систем бесперебойного электроснабжения и моделирование в среде Matlab-Simulink. В результате чего были смоделированы блоки источников бесперебойного питания разной мощности, что позволяет наглядно продемонстрировать уровень гармонических искажений, вносимых в сеть переменного напряжения любой системой бесперебойного питания. Данная модель может быть применена с целью обеспечения надежного и качественного бесперебойного электроснабжения при проектировании информационно-вычислительного центра.

УДК 621.316

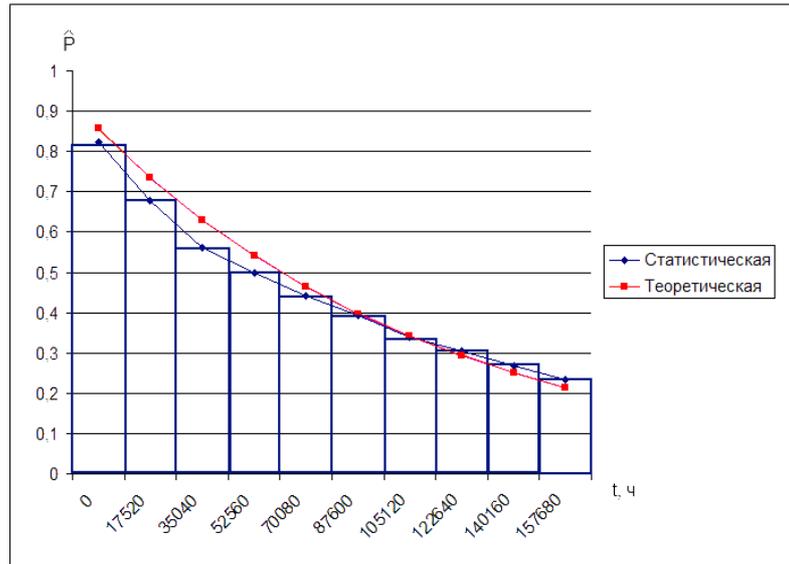
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ

А.В. ШАГИДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

В качестве исходной информации для определения законов распределения показателей надежности низковольтных аппаратов принимается:

- средняя наработка на отказ $T_{ср}$;
- средне-квадратическое отклонение наработки на отказ σ .

В результате обработки информации об отказах автоматических выключателей на предприятиях г. Казани получена гистограмма длительности отключений по статистическим данным:



Гистограмма длительности отключений

По виду гистограммы выдвигаем гипотезу о предполагаемом законе распределения случайной величины и определяем его параметры.

При построении гистограммы с выравнивающей ее кривой обычно бывает видно, что между теоретической кривой и статистическим распределением имеется расхождение. На практике такое расхождение всегда неизбежно. Такая проверка осуществляется по критериям согласия. Наиболее часто используются критерий Колмогорова и критерий Пирсона.

Результаты проверок: по заданному уровню значимости $\alpha = 0,01$ находится $\chi^2_{\alpha, n-1}$. Сопоставление χ^2 позволяют заключить, что гипотеза о том, что выборочные данные соответствуют экспоненциальному закону распределения и согласуются с фактическими данными.

УДК 620.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Б.В. ЕВСЕЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Сегодня во всех отраслях хозяйства остро стоит вопрос энергосбережения. Его актуальность связана с необходимостью снижения

затрат, существенной составляющей которых являются затраты, связанные с потреблением энергоресурсов. Чтобы увеличить энергосбережение вводятся новые законы и создается новое оборудования для эффективного использования созданной энергии, ведь энергосбережение – это фактор экономического развития, на практике показавший, что во многих случаях дешевле осуществить меры по экономии энергии или вообще избежать ее перерасхода, чем увеличить ее производство. Это означает, что финансовые ресурсы, предназначенные для расширения производства энергии (например, строительства новой электростанции) или увеличения импорта энергии (что требует значительных валютных средств), могли бы быть направлены на другие виды деятельности, например, на повышение уровня жизни, комфорта, на развитие транспорта, строительство больниц.

В связи с вышесказанным в работе проведен обзор литературы и поставлены следующие задачи:

- выполнены расчеты по эффективному внедрению энергосберегающего оборудования;

- по снижению затрат на производство и снижение потребления электроэнергии;

- по оптимизации использования энергетических ресурсов и дальнейшего энергосбережения при помощи линейной оптимизационной задачи.

Предполагается, выполнить технико-экономические расчеты и исследования внедренного энергосберегающего оборудования, анализ оптимизации использования энергетических ресурсов с использованием линейной оптимизационной задачи на примере промышленного предприятия, что позволит сберечь и правильно распределить технико-экономические ресурсы предприятия и снизить затраты на потребляемую электроэнергию. Данная тема актуальна и рентабельна для промышленного предприятия, т.е. для тех предприятий, где требуются высокие затраты на электроэнергию и энергетические ресурсы.

УДК 621.791.75

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

А.В. ТАНАЕВ, А.Т. КЛИМОВ, Е.М. ШИШКОВ, С.Н. ЧУГУНОВ, СамГТУ,
г. Самара

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. МЯКИШЕВ

Для оценки динамических свойств сварочной цепи используется индикационный метод, который основан на теореме Тевенена, заключающейся в том, что восстанавливающееся напряжение цепи вызовет в ней протекание тока, равного разрываемому. Сущность этого метода заключается в том, что к выходным зажимам источника питания подается линейно-нарастающий импульс тока, а возникающее напряжение осциллографируется.

Известно, что в сварочной дуге процессы погасания и зажигания происходят при переходе тока через нулевое значение и длительность повторного зажигания пренебрежительно мала относительно периода тока. Из этого следует, что в момент повторного возбуждения скорость нарастания тока может быть выражена, как $\frac{di}{dt}$. Это допущение может быть применено и для источника питания с насыщающимся участком магнитопровода, так как в момент восстановления дуги магнитная цепь источника не насыщена. На рисунке показаны фазовые траектории сварочных дуг при питании от различных источников.

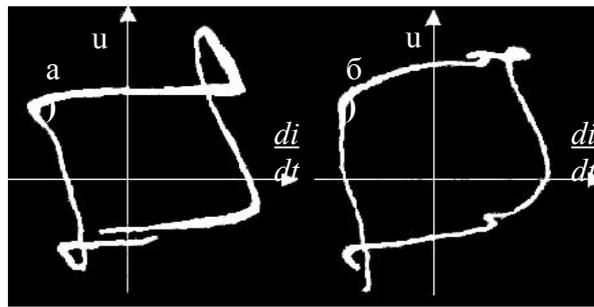


Рис. 1. Проекция фазовой траектории сварочной дуги, питаемой от источника синусоидальной (а) и несинусоидальной ЭДС (б)

Из приведенных фазовых траекторий можно определить, что скорость перехода тока через нулевое значение при питании от источника несинусоидальной ЭДС выше, чем при питании от источника синусоидальной. Это свидетельствует о более устойчивом горении дуги при питании ее от трансформатора с насыщающимся участком магнитопровода, нежели чем при питании от источника синусоидальной ЭДС.

УДК 620.92

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ И ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА КПД СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

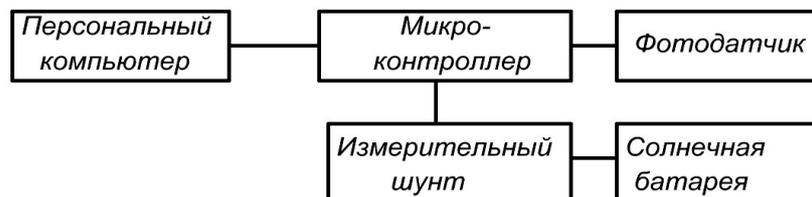
Г.И. ДОЛГАНОВ, УГАТУ, г. Уфа
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.Б. АНДРЕЕВ

Истощение минеральных ресурсов, глобальный дефицит энергии заставляет человечество все шире применять альтернативные источники энергии. Наиболее перспективным для средней полосы России альтернативным источником энергии является Солнце.

При проектировании систем питания на основе солнечных батарей возникает задача соблюдения баланса между площадью солнечной батареи и надежностью работы устройства. Чем меньше площадь солнечной батареи, тем меньше цена изделия и его габариты. Энергетическая освещенность поверхности солнечной батареи изменяется в течение длительного времени, на поверхности солнечной батареи оседает пыль, все это снижает генерируемую мощность батареи.

Для эффективного проектирования источников питания на основе солнечных батарей необходимо определить энергетическую освещенность поверхности и влияние внешних факторов на генерируемую мощность.

На кафедре промышленной электроники была разработана система измерения генерируемой мощности солнечной батареи и энергетической освещенности поверхности структурная схема представлена на рисунке.



Структурная схема устройства измерения параметров солнечной батареи

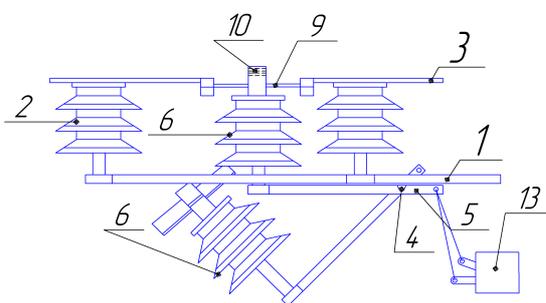
Исследования проводились с 20 октября по 15 ноября 2010 г. По результатам исследования средняя величина энергетической освещенности на широте Уфы в период исследования составляет 160 Вт/м^2 . Под влиянием внешних факторов КПД солнечной батареи уменьшился более чем на 60 %.

УДК 621.316.545

ПОВЫШЕНИЕ КОММУТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ

А.Ф. НУГУМАНОВА, УГАТУ, г. Уфа
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Д.Ю. ПАШАЛИ

В работе предлагается техническое решение повышения отключающей способности разъединителей (Р), предназначенных для работы в гололедно-ветровых режимах в воздушных электрических сетях напряжением до 20 кВ, за счет оснащения подпружиненного ножа (ПН) Р изолированными электропроводящими вставками (ИЭВ) с повышенным электрическим сопротивлением.



Конструкция разъединителя для работы в гололедно-ветровых режимах вид сбоку:

1 - рама; 2, 6 - изоляторы; 3 - НКЭ; 4 - ось вращения; 5 - рычаг; 7 - пружина; 8 - головка изолятора; 9 - ПН; 10 - ограничитель хода; 13 - привод

В отключенном положении включающий рычаг 5 опущен. ПН 9 под действием пружины 7 устанавливается относительно неподвижных контактных элементов (НКЭ) 3 под углом γ . При включении привод 13 воздействует на плечо включающего рычага 5. ПН соприкасается с НКЭ ребрами через ИЭВ. В момент коммутации протекает ток, который приводит к нагреванию, за счет чего образовавшиеся корки льда тают. При последующем движении ПН скользит вдоль НКЭ, пружина сжимается, ИЭВ отключается. Неуравновешенный рычаг 5 под действием собственного веса, а также энергии пружины, падает вниз и размыкает НКЭ и ПН. При обледенении по ПН ударяет выступ, за счет чего ПН поворачивается на угол γ , вставка входит в электрический контакт с НКЭ и нагревается благодаря высокому электрическому сопротивлению, что способствует разрушению льда. Испытания опытных образцов показали, что работоспособность Р на включение и отключение сохраняется при допустимой толщине стенки гололеда от 15 ÷ 20 мм, что соответствует районам по гололеду – II и III согласно разделу 2 п. 2.5.46 ПУЭ. Напряжение кручения и деформации на кручение и изгиб контактного элемента – ПН 9 находится в пределах упругости с коэффициентом запаса равным 2.

УДК 62-573.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ПЛАВНОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

Трехфазный асинхронный электродвигатель, работающий с полной нагрузкой, обладает относительно высоким КПД, достигающим 80–96 %. Однако КПД двигателя резко падает, если нагрузка снижается. Падение КПД особенно ощутимо, когда нагрузка снижается до значений менее 50 % от номинальной. В действительности электродвигатели довольно редко работают на полную мощность. В тех случаях, когда нет возможности или необходимости изменять скорость вращения двигателя, устройство плавного пуска позволяет экономить электроэнергию, потребляемую двигателями при их работе на пониженных нагрузках.

Момент, создаваемый двигателем, зависит как от приложенного напряжения, так и от скольжения (показатель «запаздывания» вращения ротора относительно поля статора). Чем меньший момент нагрузки приложен к ротору, тем больше ротор «догоняет» поле статора (скольжение уменьшается), тем дальше двигатель переходит в менее экономичный режим. Если соответствующим образом снизить напряжение питания, подаваемое на двигатель, скольжение вернется к номинальному значению.

Если бы двигатель работал с максимальным КПД во всех режимах, экономия потребляемой электроэнергии могла бы достигать 30 и даже 40 %. Используя мощный микроконтроллер, устройство мгновенно оценивает нагрузку на валу двигателя, сравнивает ее с конструктивной мощностью двигателя и в случае пониженной нагрузки снижает напряжение, подаваемое на двигатель, добиваясь того, чтобы двигатель работал на своем расчетном скольжении и, как следствие, с максимальным КПД. При этом частота вращения двигателя не изменяется. Время реакции устройства на изменение нагрузки составляет сотую долю секунды, что позволяет даже при динамично меняющихся нагрузках отслеживать режим максимального КПД.

УДК 621.319

ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

(УСТАНОВОК КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ) ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

И.Ф. ХАТЫПОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. САФИН

Применение конденсаторных установок позволяет обеспечить значительную экономию электроэнергии за счет компенсации реактивной мощности. Кроме этого благодаря оптимизации режима потребления электроэнергии можно выделить целый спектр положительных моментов, получаемых при использовании конденсаторных установок:

- снижение токовой нагрузки на аппаратуру и подводные кабели;
- значительно снижается нагрев проводников, за счет чего снижаются потери при передаче электроэнергии, а также стабилизируется работа оборудования;
- увеличивается срок службы проводов, кабелей, электроустановок за счет более оптимизированного режима электрической сети. Меньший уровень гармоник, более равномерная нагрузка позволяют значительно продлить срок службы оборудования;
- увеличение пропускной способности системы электроснабжения потребителя, что позволит подключить дополнительные нагрузки без увеличения стоимости сетей.

Применение конденсаторных установок эффективно на предприятиях, где используются станки, компрессоры, насосы, сварочные трансформаторы, электропечи, электролизные установки и прочие потребители энергии с резкопеременной нагрузкой, т.е. на производствах металлургической, горнодобывающей, пищевой промышленности, в машиностроении, деревообработке и производстве стройматериалов – везде, где из-за специфики производственных и технологических процессов значение $\cos\varphi$ колеблется от 0,5 до 0,8.

УДК 621.313

ДИАГНОСТИКА И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ И СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.О. ЗОЛОТОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Асинхронные и синхронные электрические двигатели широко применяются во многих отраслях народного хозяйства. Синхронным и асинхронным электроприводом потребляется более половины электроэнергии, производимой в мире. Однако их эффективному применению препятствует относительно высокая повреждаемость (~25 % от общего количества установленных электродвигателей ежегодно) – это ведет к нарушению технологических процессов, повышенному браку продукции, дополнительным затратам на ее восстановление и ремонт, а также на нормализацию технологического процесса. Непланные аварии, как правило, сопряжены со значительными экономическими издержками, особенно в ключевых отраслях производства (энергетика, нефтегазодобыча, транспорт и др.). Оперативное диагностирование технического состояния электродвигателей в рабочих режимах или кратковременных остановках призвано снизить ущерб от этих прецедентов за счет раннего обнаружения зарождающихся дефектов. Применение комплексных систем диагностики электродвигателей позволяет реализовать технологию обслуживания оборудования по фактическому состоянию и снизить издержки от аварийных отказов за счет раннего обнаружения дефектов и контроля их развития, своевременно планировать ремонт. Удаленный контроль и автоматизация процесса измерений дает возможность осуществлять систематический контроль значительного парка машин с низкими трудозатратами. Объективные данные о техническом состоянии сокращают число внеплановых остановов из-за преждевременного выхода из строя двигателя и позволяют своевременно планировать его ремонт или замену.

В связи с вышесказанным проведен обзор литературы и поставлены следующие задачи:

- выполнен анализ изменения параметров рабочих режимов АД и СД при возникновении различных видов дефектов;

- исследованы методы технической диагностики АД и СД, позволяющие выявлять возникающие дефекты на ранней стадии их развития в рабочих режимах.

Планируется оценить энергетическую и экономическую эффективность при внедрении разработанных методов технической диагностики АД и СД.

УДК 621.314

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Э.Ф. ЯМАЛЕТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.И. ГРАЧЁВА

Всем известно что электроприводы машин и механизмов в сфере в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) (насосы, вентиляторы, компрессоры, котельное оборудование и др.) потребляют более 30 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии. Устранение нерационального расхода электроэнергии необходимо решать с помощью внедрения регулируемых электроприводов на основе частотного преобразователя (инвертера).

Частотные преобразователи обеспечивают:

- экономию электроэнергии собственных нужд от 20 % – 60 % за счет оптимального управления электродвигателем в зависимости от нагрузки;
- повышение надежности и увеличение срока службы электропривода и оборудования;
- снижение аварийности и улучшение технической эксплуатации оборудования;

Внедрение данного энергоэффективного и высокоэкономичного мероприятия (со сроком окупаемости в среднем от 0,6 года до 1,5 года) за счет экономии электроэнергии позволит обеспечить снижение расхода топлива, а, как следствие, улучшение экологической обстановки в стране и привлечение дополнительного «углеродного» софинансирования в проекты установки ЧРП на предприятиях за счет механизмов Киотского протокола. В рамках программы реформирования и модернизации ЖКХ необходимо разработать план действий по организации производства отечественных частотно-регулируемых приводов и внедрения их в теплоснабжающих организациях, водоканалах, лифтовом хозяйстве городов, ремонтных предприятиях жилищного комплекса, а также разработать и утвердить единую методику оценки эффективности использования ЧРП в сфере ЖКХ.

Применение частотных преобразователей позволит снизить финансовые издержки на оплату электроэнергии в коммунальном хозяйстве, а, следовательно, обеспечит стабильные тарифы на тепловую энергию, водоснабжение для населения страны.

УДК 621.311.027.3-192

**УСКОРЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ НИЗКОВОЛЬТНОЙ АППАРАТУРЫ
НА НАДЕЖНОСТЬ – ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

П.Г. ГАВРИЛОВ, Н.Ю. РЫЖКОВА, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
 Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Е.Г. ЕГОРОВ

Испытание на надежность низковольтной аппаратуры (НВА) – наиболее трудоемкое и энергоемкое испытание. В связи с этим проблема энергосбережения и ресурсосбережения является актуальной задачей и должна быть решена при производстве НВА.

Любой метод ускоренных испытаний основывается на знании некоторой устойчивой базовой закономерности характеризующей параметры надежности изделий. Получение базовой закономерности является задачей предварительных исследований, заключающихся в осуществлении опыта над некоторой конечной по объему совокупности изделий данного типа. Тепловые процессы на контактах влияют на его работоспособность.

Дифференциальное уравнение теплопроводности, описывающее теплофизический процесс на электроде, можно записать:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \operatorname{div} \nabla T + T j \nabla \alpha' + \rho' j^{-2},$$

где j – плотность тока, за направление которого принято направление электронного тока; α' – коэффициент, характеризующий эффект Томсона; ρ' – удельное сопротивление электрода; ∇ – оператор Гамильтона.

На основе дифференциального уравнения теплопроводности для одномерной модели распространения тепла от плоского источника с перемещающимся фронтом испарения в глубь электрода при граничных условиях на катоде сформулирована теплофизическая задача.

По этой модели рассчитаны размеры зон плавления и кипения материала контакта при воздействии дуги и определены массы расплавленного и испаренного металла

$$m_{\text{пл}} = \frac{2}{3} \pi (r_{\text{пл}}^3 - r_{\text{н}}^3) \rho,$$

а с использованием коэффициента выброса можно получить ускоренную расчетную оценку эрозии контактов и определить коммутационную износостойкость аппарата, являющуюся основным параметром его надежности.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

С.А. ЗВЕРЕВ, А.Т. КЛИМОВ, С.Н. ЧУГУНОВ, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. МЯКИШЕВ

Специфической особенностью сварочной дуги переменного тока является то, что ток дуги дважды за период переходит через нулевое значение, т.е. дуга переменного тока за период гаснет и загорается вновь. Однако, из-за своей высокой надежности в работе, простоты конструкции, относительно экономичного режима работы сварочные трансформаторы находят наибольшее распространение. Но сварочный трансформатор имеет ряд недостатков: – это необходимость в специальных электродах для переменного тока, обладающих повышенными стабилизирующими свойствами и низкие технико – экономические показатели ($\cos \varphi$ и КПД).

Но основным недостатком является низкая стабильность (под стабильным горением понимается режим работы системы при заданном токе и напряжении при котором дуга не гаснет) горения дуги. Процессы, протекающие при повторном зажигании электрической дуги, зависят от динамических свойств источника питания – сварочной дуги. К ним относятся электрические и тепловые процессы, которые непосредственно влияют на энергетические состояния системы при переходе тока через нулевое значение. Однако, ключевыми динамическими параметрами сварочной дуги являются мощность теплопровода $P_{от}$ и теплосодержание Q_0 на единицу длины дуги, т.е. постоянная времени дуги.

$$\theta = \frac{P_{от}}{Q_0} .$$

Известно, что восстанавливающаяся прочность дугового промежутка при повторном возбуждении сварочной дуги растет по экспоненциальному закону с какого-то первоначального значения. Следовательно, при заданном значении, которое определяется максимальным значением напряжения холостого хода, восстанавливающий напряжение, сварочный трансформатор должен обладать некоторой скоростью восстанавливающего напряжения, которая должна быть больше какого либо критического значения, в противном случае дуга не загорится. Динамические свойства сварочного трансформатора аналитически можно оценить, рассчитав переходный

процесс, вызванный искажением дуги или экспериментально при расшифровке осциллограмм.

УДК 621.316.925

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДУЛЯ ДИСКРЕТНЫХ ВХОДОВ ТЕРМИНАЛА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

А.А. ВАСЬКИНА, Н.Ю. РЫЖКОВА, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары
Науч. рук. канд. техн. наук В.А. НАУМОВ

В настоящее время идет активная замена электромеханической релейной защиты на микропроцессорные (МП) терминалы, выполняющие функцию релейной защиты и автоматики (РЗА). При разработке модулей терминала следует учитывать вопросы электромагнитной совместимости, ввиду повышенной восприимчивости МП устройств к электромагнитным помехам. Эти устройства должны быть сконструированы таким образом, чтобы создаваемые ими электромагнитные поля не превышали допустимого уровня, а так же имели высокую помехоустойчивость.

Устройства РЗА должны испытываться на наносекундные помехи в соответствии с ГОСТом Р 51317.4.4-2007, при этом цепи дискретных входов объединяются. Испытания на микросекундные помехи проводятся согласно ГОСТу Р 51317.4.5-99, помехи подаются по схемам «провод-провод» и «провод-земля». Помехоустойчивость оценивается по критерию ложного срабатывания.

При разработке и исследовании модуля дискретных входов МП устройств РЗА было установлено, что для улучшения помехоустойчивости необходимо: максимально увеличить распределенную емкость между цепями дискретного входа и корпусом; использовать цельную лицевую панель; применять медные уголки для заземления блока; применять дроссели на входе; в качестве барьера от помехи после оптопары использовать резистор.

Все эти мероприятия были учтены, что заметно улучшило помехоустойчивость устройства.

Испытания доработанного модуля на помехи показали:

– устойчивость к наносекундным помехам соответствует степени жесткости 4 (2кВ), класс А;

– устойчивость к микросекундным помехам: «провод-провод» – степень жесткости 2 (1кВ), класс А; «провод-земля» – степень жесткости 3 (2кВ), класс А.

Таким образом, разработанный модуль дискретных входов терминала РЗА способен функционировать в условиях реальной электромагнитной обстановки электростанций и подстанций и соответствует установленным требованиям ЭМС (ГОСТ 51317.6.5-2006).

УДК 621.316

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ОСНОВАННАЯ НА РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Л.И. ЕВДОКИМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ

Основной идеей, разрабатываемой системы контроля диэлектрических элементов, является задача продления срока службы высоковольтного электрооборудования вплоть до полной выработки его реального ресурса. Предлагаемый метод диагностики обеспечивает контроль текущего состояния электрооборудования на месте его установки под рабочим напряжением, а также в процессе его нормальной эксплуатации. Основным вопросом, на который должна отвечать такая диагностическая система является возможность или невозможность дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования. Одним из методов диагностики является метод контроля состояния высоковольтного электрооборудования по характеристикам частичных разрядов (ЧР), возникающих задолго до полного пробоя изоляции. Этот метод, основанный на электромагнитной дефектоскопии, позволяет выявлять дефекты на самых ранних стадиях их возникновения, отслеживать их развитие, оценивать текущее состояние изоляции и возможность дальнейшей эксплуатации электрооборудования.

Экспериментальная установка представляет собой систему, состоящую из: электромагнитного датчика, регистрирующего вызванные ЧР импульсы

тока; установки УКД-70 для создания регулируемого высоковольтного переменного напряжения; высоковольтного полимерного изолятора (ПИ) ЛК70-35; персонального компьютера с программным пакетом LabView предназначенного для амплитудной регистрации ЧР, управления процессом измерения и отображения данных о ЧР. Регистрируется фаза возникновения ЧР, его амплитуда и количество ЧР за дискретный фазовый промежуток питающего напряжения. Далее с помощью компьютера и виртуальных приборов, разработанных в среде LabView производится накопление и обработка сигналов ЧР, представляющих собой отдельный массив данных. В дальнейшем на основании полученных результатов производится построение частотно-фазовых и амплитудно-фазовых характеристик. Благодаря этим основным характеристикам разрабатываются основные принципы, позволяющие оценивать текущее состояние изоляции и возможность дальнейшей эксплуатации электрооборудования.

СЕКЦИЯ 6. СВЕТОТЕХНИКА, МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 621.382

УРОВЕНЬ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ НА СВЕТОДИОДАХ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ИХ СОЕДИНЕНИИ И ПИТАНИИ СТАБИЛИЗИРОВАННЫМ ТОКОМ

В.Р. ИВАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

В настоящее время при конструировании осветительных устройств с использованием маломощных светодиодов (СД) широко используется последовательный способ их соединения в кластере, при котором имеет место неравномерное распределение напряжения и, соответственно, неравномерный световой поток. Поэтому представляет интерес количественно оценить величину вариабельности напряжения питания на СД при рассматриваемом способе их соединения.

В работе использован прибор Б5-48 в режиме стабилизации напряжения. Исследованы два типа СД оранжевого цвета излучения, из которых были составлены СД линейки, состоящие из 12-ти и 15-ти СД. Измерение напряжения на СД осуществлялось тестером ТЛ-4М. Сила тока

была обеспечена на уровне 20 мА, путем повышения напряжения питания светодиодных линеек.

Результаты проведенного эксперимента статистически обработаны и представлены в таблице. Вычислены средние арифметические значения напряжения питания СД (U_{cp}), стандартное отклонение (σ), ошибка средней (m), коэффициент вариации (C_v) и относительное значение ошибки опыта (C_m).

Статистические показатели при силе тока 20 мА

Тип СД	n	U_{cp}	σ	m	C_v	C_m
Первый (GNL-5033)	12	2,09	0,008	0,002	0,40	0,12
Второй (Edison)	15	3,13	0,050	0,001	1,6	0,44

Как следует из таблицы C_v напряжение на СД имеет достаточно малые значения (0,4–1,6 %) относительно C_v силы тока и освещенности, значения которых в соответствии с результатами наших ранних исследований составляют порядка 9–13 %. Поэтому значение C_v напряжения СД разных фирм может быть использовано лишь в качестве вспомогательного показателя при входном контроле СД разных производителей.

УДК 621.382

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМОГО ПРЕДЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТЕПЛОЙ ДЕГРАДАЦИИ И ЭЛЕКТРОПРОБОЯ МАЛОМОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Я.Ш. АЛХАМСС, В.Р. ИВАНОВА, А.Н. КОНСТАНТИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

В настоящее время осветительные светодиодные устройства конструируются по разным схемам: последовательной, параллельной и параллельно-последовательной. Для обеспечения надежности работы светильников выбор схемы соединения светодиодов должен определяться характером проявления в них дефектов. Вместе с тем, описание природы проявления каждого вида дефекта, а также пороговые значения напряжения, вызывающие их, в литературе практически отсутствует.

В данной работе поставлена задача определить предельное значение напряжения, при котором наступает полная деградация светового потока СД и электропробой прямой ветви его ВАХ. Опыты проведены на 15-ти маломощных светодиодах оранжевого цвета излучения, имеющих рабочее напряжение около 2,1 В.

В первой серии опытов напряжение подаваемое от источника питания Б5-48, постепенно увеличивали в начале с шагом 0,1, а затем с шагом 0,2 В и регистрировали значения тока СД. Во второй серии опытов моделировали импульсный характер перегрузки подачей тока на период 0,10–0,12 с. Экспозиция действия тока была ограничена латентным периодом простой сенсомоторной реакции исследователя, которая составляет порядка 80–120 мс. Для этого на СД подавали напряжение с шагом 1 или 2 В.

В результате проведенных экспериментов установлено, что при непрерывном и ступенчатом повышении значения напряжения питания СД, начинается тепловая деградация (наступает с 3–4 В), приводящая к уменьшению светового потока (в 30–50 раз) и одновременному резкому увеличению сопротивления СД с 40 до 200 Ом. При дальнейшем увеличении напряжения наступает необратимый пробой.

В случае импульсной подачи напряжения электропробой СД наступает при напряжениях 20–25 В. Полученные результаты способствуют формированию информационной базы, необходимой для повышения надежности разрабатываемых светодиодных устройств.

УДК 621.327.534.15

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ЧЕЛОВЕКА

А.С. АНУФРИЕВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. НУРУЛЛИН

Свет видимой области оптического диапазона представляет собой электромагнитные волны длиной от 380 до 780 нм. Для искусственного освещения чаще всего применяются лампы накаливания, газоразрядные лампы и светодиодные лампы.

Следует отметить, что люминесцентные лампы обладают рядом преимуществ: большей светоотдачей и экономичностью. Хотя люминесцентные лампы и создают равномерное распределение освещенности в поле зрения работающих, но они способствуют и большему

утомлению зрения, ухудшению функционального состояния нервной системы и вызывают загрязнение окружающей среды ртутью.

Основной же недостаток газоразрядных ламп – это пульсация светового потока. Световой поток газоразрядных источников света при питании тока промышленной частоты пульсирует с частотой 100 Гц. Пульсации светового потока зрительно не воспринимаются, так как частота пульсации превышает критическую частоту слияния мельканий, но они неблагоприятно влияют на биоэлектрическую активность мозга, вызывая повышенную утомляемость. Отрицательное воздействие пульсаций возрастает с увеличением ее частоты, появляется напряжение на глазах, усталость, головные боли и трудность сосредоточения на сложной работе.

Освещение пульсирующим светом особенно опасно при наличии в поле зрения движущихся и вращающихся объектов за счет возникновения стробоскопического эффекта. Этот эффект можно устранить, если питать 2–3 лампы со сдвигом фазы на 120° . С помощью фазокомпенсирующего конденсатора. Поскольку на всех заводах есть трехфазная сеть, то удобно устанавливать лампы по три штуки в одном светильнике и питать их от разных фаз сети (со сдвигом на $\pm 120^\circ$).

На сегодняшний день светодиодные лампы представляют определенную альтернативу для замены как люминесцентных ламп, так и ламп накаливания, поскольку пульсации в них при питании постоянным током отсутствуют.

УДК 628.9

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПИТАНИИ ЛЮМИНИСЦЕНТНЫХ ЛАМП Пониженным Напряжением

А.Г. МУНАСИПОВ, А.Р. КИЯМУТДИНОВА, Л.П. МИНЕЕВА,
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Х. ТУКШАИТОВ

Задача обеспечения энергоресурсосбережения является приоритетным направлением государства. Она может быть обеспечена как за счет применения источников света с высокой светоотдачей, так и за счет оптимального регулирования освещенности помещений, улиц и автомагистралей. В работе изучены допустимые пределы уменьшения напряжения питания светильников с люминесцентными лампами. Измерительная установка состояла из лабораторного автотрансформатора

(ЛАТР), предназначенного для понижения напряжения питания, амперметра и светильника, состоящего из электромагнитного дросселя, стартера и лампы типа ЛД-40. Установлено, что работоспособность люминесцентного светильника (ЛС) сохраняется при понижении напряжения питания до 150 – 160 В. Однако, устойчивая работа ЛС обеспечивается при 170 В. Эту величину можно выбрать в качестве предельно-допустимого минимального значения. При уменьшении напряжения питания с 220 до 170 В достигается уменьшение потребления энергии с 50 до 20 Вт · ч, т.е. практически в 2,5 раза. Понижение напряжения питания в пределах отдельных комнат можно осуществить с помощью диммеров – тиристорных регуляторов, в пределах в ночное время – с помощью регулируемых трансформаторов.

Автоматическое регулирование можно осуществить, используя возможности датчиков движения установленных к примеру, во многих комнатах зданий КГЭУ, фиксирующих пребывание людей в помещении. В качестве примера приведем экономическую оценку внедрения регулируемого освещения в коридорах только корпуса «А». На каждом этаже (4 этажа корпуса) установлено 15 светильников, содержащих по 2 штуки 36 Вт ламп. Общая потребляемая энергия за 12 часов работы в сутки за 1 месяц в коридорах здания составляет 3900 Вт · ч. Если осуществить диммирование напряжения лишь в течение 3 часов в день, то экономия в год составит около 10 тысяч руб.

Частичная эксплуатация светильников в режиме пониженного напряжения несколько увеличивает их эксплуатационный ресурс, что может обеспечить дополнительную экономию средств учебного заведения.

УДК 621. 327. 534

ПРИМЕНЕНИЕ АМПЛИТУДНОГО МОДУЛЯТОРА В ПРИБОРЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ ТИПА «АМПЛИПУЛЬС»

Г.Н. ЗИЯТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. ЖЕГЛОВ

Синусоидальные модулированные токи (СМТ) сочетают в себе достоинства токов несущей частоты и более низких частот. Они оказывают интенсивное возбуждающее, болеутоляющее, стимулирующее, действие на нервные и мышечные волокна. Воздействие СМТ не оказывает раздражающего эффекта, не вызывает неприятных ощущений.

Одним из аппаратов, осуществляющих воздействие СМТ, является прибор низкочастотной физиотерапии типа «Амплипульс». Этот аппарат предназначен для лечебного воздействия на лиц, страдающих заболеваниями периферической нервной системы, переменным синусоидальным током с частотой 5 кГц, модулированным низкими частотами 10–150 Гц с учетом лабильности нервно-мышечного аппарата человека.

Влияние СМТ на организм человека определяется их физическими свойствами и способностью свободно проходить через кожные покровы.

Важным блоком аппарата «Амплипульс» является амплитудный модулятор, т.е. устройство для управления амплитудой. В нем происходит амплитудная модуляция синусоидальных колебаний напряжением, создаваемым генератором низкой частоты. Колебания прямоугольной формы от генератора колебаний несущей частоты поступают на первый вход амплитудного модулятора. За счет избирательной резонансной нагрузки колебания прямоугольной формы преобразуются в синусоидальную форму и модулируются по амплитуде также синусоидальными колебаниями, поступающими на второй вход модулятора через коммутатор коэффициента модуляции от генератора модулирующего напряжения низкой частоты.

В результате модуляции образуются серии импульсов тока, отделенные друг от друга промежутками. Воздействие таких серий колебаний на ткани, носящих прерывистый характер, значительно повышает возбуждающее действие колебаний и уменьшает привыкание к ним организма.

УДК 628.9.031

КОМПАКТНЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

С.И. БОРИСОВ, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.С. ФЕДОРЕНКО

По данным американской исследовательской организации Sandia National Laboratories, потребление света на планете будет расти. Мировое сообщество не достигло границ насыщения и способно на гораздо большее энергопотребление. В связи с этим в мире наблюдается постепенный переход на энергосберегающие технологии.

Одним из типов энергосберегающих ламп является компактная люминесцентная лампа (КЛЛ), которая при равной потребляемой из сети мощности, дает световой поток в 4–6 раз выше, чем у ЛН, что дает экономию

электроэнергии 75–85 %. Многие компании, достигнув объемов производства КЛЛ, продолжают их увеличивать. Так, малоизвестная еще несколько лет назад компания ТСР достигла на заводе в КНР ежедневного объема производства интегрированных КЛЛ в 1,4 млн. шт.

При этом происходит модернизация КЛЛ: нормой стал срок службы ламп в 10 тысяч часов; продолжает сокращаться количество ртути (порядка 2 мг), растет доля КЛЛ с диаметром трубки Т2 (7 мм), линейных ЛЛ с защитной пленкой, КЛЛ с возможностью глубокого диммирования по световому потоку (100-7 %).

В связи с активным использованием КЛЛ в быту актуальной становится проблема ртутной опасности. При разрушении лампы ртуть, несмотря на малое количество, может нанести ощутимый вред здоровью человека и окружающей среде. Одним из способов решения данной проблемы является разработка и создание специального защитного покрытия для КЛЛ, которое наносилось бы на поверхность колбы лампы и предотвращало попадание в окружающую среду осколков стекла, вредных веществ и соединений, например, паров ртути, частиц люминофора.

УДК 621. 327. 534. 15

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА КОРРЕКЦИИ СЛУХА

С.Ф. НАСЫРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. ЖЕГЛОВ

Снижение слуха – довольно распространенное явление среди взрослых и детей. Причины снижения слуха разнообразны: врожденные дефекты, болезни, возрастные изменения, влияние шума. В связи с этим для адаптации и улучшения жизни людей, страдающих данным недугом, разрабатываются и успешно применяются электронные средства улучшения слуха.

Слуховые аппараты представляют собой электроакустические устройства, способные принимать, преобразовывать и усиливать звуковые сигналы. Они состоят из микрофона, принимающего звуки и, преобразующего их в электрические сигналы, электронного усилителя с ручной или автоматической регулировкой громкости и тембра, источника питания и телефона, преобразующего электрический сигнал в звуковой. Телефоны могут передавать звуковые сигналы воздушным путем, через наружный слуховой проход, или костным, когда усиленный звуковой сигнал поступает в среднее и внутреннее ухо через кости черепа.

По способу обработки сигнала слуховые аппараты делятся на два типа: аналоговые и цифровые. Аналоговый сигнал переводится в двоичный код, как это происходит при записи на компакт-диск. В новейших моделях уже появились цифровые микрофоны, исключая эту операцию. Цифровой процессор обрабатывает сигналы, т.е. усиливает и изменяет их характеристики в зависимости от индивидуальной потери слуха. После этого цифровой сигнал вновь превращается в аналоговый, и посылается на телефон.

С активным общим развитием электроники в последнее десятилетие, особенно в совершенствовании компьютерной техники и сотовой телефонии, цифровые технологии, бурно развивающиеся в последнее время, позволили достичь невиданных ранее возможностей электроакустической коррекции слуха. Крошечный микрочип обладает быстродействием самых современных компьютерных процессоров, что позволяет реализовать очень сложные и высокоэффективные алгоритмы обработки звука.

УДК 628.9.03:621.382.2/3

СВЕТОДИОДНАЯ ЛАМПА КАК АЛЬТЕРНАТИВА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ ЛАМПАМ

**С.В. ВОЛКОВ, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.А. АШРЯТОВ**

На сегодняшний день существует множество конструкций светодиодных ламп для прямой замены люминесцентных ламп (ЛЛ). Первые светодиодные лампы, пришедшие на замену ЛЛ, не давали достаточно света и имели малую эффективность. Со временем ситуация немного улучшилась, однако остаются нерешенными еще многие задачи.

Уровень светового выхода светодиодных трубок сильно отстает от типичных значений для ЛЛ. Единственный параметр, по которому светодиодные лампы превосходят ЛЛ – это КПД светильника. Направленность светового потока – это несомненное преимущество светодиодных ламп. Тем не менее этого не достаточно, чтобы компенсировать их слабый световой выход. С переходом на светодиодную технологию связаны и другие проблемы. Дело в том, что светодиодные лампы не абсолютно совместимы с ЛЛ. Большая часть светодиодных ламп подключаются к сети напрямую, поэтому из корпуса для ЛЛ необходимо удалить балласт, что представляет собой известные сложности. Установка

светодиодных ламп достаточно кропотлива и требует затрат, поскольку работа должна производиться специалистом. Но также после проведенных изменений в светильнике, он в общем случае не будет соответствовать требованиям безопасности.

Однако существуют лампы, для которых не требуется модификация корпуса. Но лампы, подключающиеся через балластную схему, имеют заметно более низкий КПД по энергии, поскольку сам балласт потребляет достаточно много. По оценке специалистов, с некоторыми балластными схемами разница будет едва ощутима, а в худшем случае КПД лампы снизится на 20 % из-за балласта.

УДК 614:613.817:613.94

ПРОБЛЕМА АЛКОГОЛИЗМА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Л.И. ГАФАРОВА, А.А. МАЗИТОВА, Р.Ж. НАСИБУЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. З.М. БИЛЯЛОВА

Алкоголизм является мощнейшим оружием против человечества. За 10 лет войны в Афганистане погибло около 14 тысяч наших ребят, а тут за год погибает 70 тысяч граждан от употребления алкоголя.

Наша страна лидирует по показателям количества алкоголиков среди женщин, несовершеннолетних детей, по количеству смертей от алкоголя и вследствие употребления его. На сегодняшний день в России 19 миллионов человек больных алкоголизмом, из них 96,2 % приобщились к спиртному до 15 лет, а более 30 % до 10 лет. Все это страшно звучит, но гораздо страшнее, когда близкий человек попадает под эту зависимость.

А тем временем на экранах телевизоров и мониторов, со страниц газет и бигбордов нам красочно показывают, как модно пить пиво в компании молодежи. Масштабная операция по борьбе с алкоголизмом разворачивается на наших глазах. В печатных средствах массовой информации появляются статьи о вреде пива и о страшной пивной эпидемии, захлестнувшей страну. Издан федеральный закон о запрете продажи алкоголя с 22.00 до 10.00. Но этих мер далеко недостаточно.

Потребность в выпивке появляется потому что общество воспроизводит обычаи, привычки, предрассудки и традиции, связанные с потреблением алкоголя.

Здоровье – самая дорогая и нужная наша частная собственность. Алкоголь разрушающе воздействует на все наши жизненно важные органы.

Запасного органа у нас нет! И во всех жизненных планах это обстоятельство следует учитывать и стремиться не разрушать самих себя!

Врожденной потребности в приеме алкоголя у людей нет. Без питья жить можно и нужно. Никому не стало плохо от трезвого образа жизни.

Все зависит от нас самих. Необходимо в корне поменять самосознание людей, отношение к жизни, своему здоровью, уделить большое внимание воспитанию молодежи.

УДК 628.9

ПУЛЬТЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

Д.М. МИТРОФАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. НУРУЛЛИН

Пульты дистанционного управления (ПДУ) применяются для управления системами и механизмами на мобильных объектах, производственными процессами, системами связи, военными объектами, а также в быту для посылки телевизорам, звуковым проигрывателям команд переключения телеканалов, звуковых дорожек, управления громкостью и назначения других функций. Первым устройством для дистанционного управления придумал и запатентовал Никола Тесла в 1893 году.

Бытовой ПДУ представляет из себя небольшое устройство с кнопками, питающееся от батареек и посылающее команды посредством инфракрасного излучения. Системами ПДУ оборудованы также автомобили, цифровые фотоаппараты, помещения культовых сооружений и оборудование для управления светом.

Большинство ПДУ для электроники используют светодиод, испускающий пучок инфракрасного излучения с длиной волны 0,75–1,4 мкм. Этот свет невидим для человеческого глаза, но распознаётся приемным устройством.

Модуляция инфракрасного светодиода изменяется в зависимости от нажатой кнопки. В ПДУ используется метод «одна кнопка – одна линия». При нажатии на кнопку пульта соединяются общая линия и линия этой кнопки, вследствие чего поступающий сигнал воздействует на микросхему пульта, которая определяет код нажатой кнопки и формирует посылку, содержащую код пульта и код кнопки. На приемной стороне принимаются данные, проверяется код пульта и, если этот код соответствует заданному,

выполняется команда, соответствующая нажатой кнопке. Обычно в пультах используется одна частота модуляции. На нее настроены и пульт, и приемник. Частоты модуляции обычно стандартны: 36 кГц, 38 кГц и 40кГц (Panasonic, Sony), редкой считается частота 56 кГц (Sharp).

Передача сигнала осуществляется мерцанием светодиода с соответствующей частотой. Несколько таких модулированных передач и гашений формируют кодированную посылку.

УДК 614:613.817:613.94.

ВЛИЯНИЕ ПИВНОГО АЛКОГОЛИЗМА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Р.Н. ФАРЗИЕВ, Р.Р. ХАБИБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. З.М. БИЛЯЛОВА;

ст. преп. В.А. ВАСИЛЬЕВ

Целью данного исследования является проблема пивного алкоголизма среди подросткового поколения. В последнее время возраст больных алкоголизмом с каждым годом уменьшается, отмечается рост заболеваемости алкоголизмом среди подростков. Известно, что пиво является доступным напитком, поэтому его употребление год от года возрастает. Пивной бум вынуждает ожидать через некоторое время вспышки пивного алкоголизма. Этому может способствовать: приобщение к алкоголю в семье, генетическая предрасположенность, телевидение, реклама и другие средства массовой информации.

Прием алкогольных напитков принимает регулярный характер и становится неременным атрибутом времяпрепровождения, увеличивается число поводов и мотивов для пьянства. В результате этого употребление спиртного незаметно становится практически главным смыслом жизни.

Пиво – это величайший самообман. Одна бутылка пива эквивалентна 50–100 граммам водки, в зависимости от крепости. Выпитые 5–6 бутылок пива соответствуют дозе этилового спирта, равного бутылке водки.

Последствия регулярного употребления алкоголя подростками гораздо серьезнее и опаснее, чем алкоголизм в зрелом возрасте, потому что в это время происходит рост и развитие всех жизненно важных систем и функций человека, и влияние алкоголя на эти процессы, несомненно, приведет к печальным последствиям.

При пивной алкоголизации клетки мозга страдают гораздо сильнее, чем при водочной. Постоянное употребление пива влияет на интеллект человека,

снижает его способность к обучению, способствует расширению полостей сердца, утолщению его стенок, некрозам в сердечной мышце и др. Пиво препятствует нормальному функционированию почек, нарушает регуляцию водно-электролитного баланса и кислотно-щелочного состава организма, снижает иммунитет.

Результаты данной работы представляют интерес как для нынешнего поколения, так и для будущего. Работодатель всегда стремится заполучить в свои ряды высококвалифицированного, но, прежде всего, здорового специалиста, обеспечивающего высокую производительность труда. Из года в год этот процесс становится все более трудоемким. Здоровье нации – это залог нашего труда.

УДК 53:621

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ СЛОЕВ В ИСТОЧНИКАХ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕРАПИИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Р.Р. МУХАЕВ, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.Н. КОШИН

Источники оптического излучения (ИОИ) получили в светотерапии чрезвычайно широкое применение. В настоящее время наиболее распространены тепловые ИОИ. Внести нечто новое в устоявшуюся конструкцию достаточно проблематично. Однако повышение эффективности традиционных ИОИ, применяемых в медицинской технике различного назначения, возможно за счет использования новых технологий. К ним относятся:

1. Применение стальных цоколей холодной штамповки с антикоррозийным слоем из алюминия [1] позволяет заменить цоколь из цветного металла без снижения срока службы ИОИ; применить их в агрессивной среде (повышенная влажность и температура, малое закрытое пространство светильника); понизить стоимость ИОИ за счет снижения массы потребляемого цветного металла.

2. Применение металлизированных геттерных пленок на конструктивных элементах ИОИ. Результатом проведенной работы [2] явилось получение замедленного (до 10 %) спада светового потока (у экспериментальной партии ИОИ); увеличение полезного срока службы на 15–20 %, что ведет к дополнительной генерации светового потока в пределах

7–10 %.

3. Создание методом ионно-плазменной обработки поверхности отражающих (зеркальных) металлизированных слоев на внешней стороне ИОИ [3] с хорошей адгезией к стеклу колбы в течение нескольких минут, а при соответствующей оснастке – слои различной конфигурации. Применение подобных зеркальных слоев позволяет перераспределять световой поток требуемым образом без использования светового прибора.

В работе показана целесообразность проведения разработок и применения подобных технологий, направленных на удешевление и повышение эффективности источников света для биологии и медицины.

Литература:

1. Пат. № 2377689 Россия, 27.12.09. Способ изготовления источников света. Авторы: Кошин И.Н., Карьгин И.П., Смоланов Н.А. № 2008151292/09, Заявлено 23.12.08; Оpubл. 15.02.10, Бюл. № 1.

2. Пат. 2160483 Россия, 03.02.98, МКИ НОИК 3/02. Способ изготовления тепловых источников света. Авторы: Духонькин В.А., Кошин И.Н., Смоланов Н.А., Харитонов А.В. - № 98102649 Заявлено 03.02.98; Оpubл. 29.10.99, Бюл. № 3.

3. Заявка № 201010318/09 от 01.02.2010. Способ изготовления источников света. Авторы: Кошин И.Н., Карьгин И.П., Смоланов Н.А.

УДК 628.9

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н.В. КОРЮКОВ, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. д-р экон. наук, проф. С.П. БУРЛАНКОВ

В настоящее время светотехническая отрасль России насчитывает около 300 производственных предприятий, на которых занято свыше 250 тысяч человек.

Общий объем российского рынка светотехнической продукции, включая импортные товары, составляет примерно 2 миллиарда долларов в год и по оценкам экспертов, скорее всего, будет продолжать расти.

Следует отметить, что в настоящее время отечественная продукция удовлетворяет примерно 50 % общей потребности в светотехнических изделиях. Большую часть российской продукции составляют неэффективные

устаревшие изделия, такие как лампы накаливания, люминесцентные лампы первого и второго поколений, электромагнитные ПРА и т.д.

Введение ограничительных мер по обороту ламп накаливания, начиная с 2011 года, существенно меняет структуру российского рынка светотехники. Предполагается, что лампы накаливания будут заменяться только на энергосберегающие лампы.

Полноценного производства энергосберегающих ламп на сегодняшний момент в России не существует. Так, некоторые российские предприятия производят компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) путем их сборки из импортных комплектующих.

По прогнозам Министерства промышленности и торговли РФ общий объем ожидаемого производства в пересчете на 100 Вт лампы накаливания к 2015 году составит ориентировочно: КЛЛ - 142 млн. шт. в год; светодиодных ламп – 142 млн. шт. в год; прочих – 53 млн. шт. в год.

УДК 628.9(035.5)

СВЕТОДИОДЫ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

О.В. НИКИТИНА, СамГТУ, г. Самара
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. ОБУХОВА

В прошлом столетии была изобретена лампа накаливания ЛН, а в 30-е годы нашего века – серия газоразрядных люминесцентных ламп, сложилось впечатление, что тем самым потребности человечества в источниках искусственного освещения удовлетворены всерьез и надолго.

Но на смену этим лампам приходят наиболее «молодые» источники света, принципиально отличающиеся от тепловых и разрядных излучателей – светодиоды (СД).

Подлинная революция в производстве СД произошла в начале 90-х.

Почему именно светодиодные светильники?

Преимущество СД светильников по сравнению с ЛН уже не подвергается сомнению ни кем в мире. К достоинствам СД светильников в противовес лампам накаливания можно отнести:

1. Срок эксплуатации СД светильников в несколько десятков раз (в зависимости от выбранной модели) превышает срок эксплуатации ламп накаливания и галогенных.

2. Малая потребляемая мощность СД светильников позволяет существенно снизить финансовые затраты на электроэнергию.

3. Долговечность – до 100 тысяч часов работы при круглосуточном использовании или около 12 лет работы светодиодных светильников.

4. Гарантийный срок эксплуатации составляет 50 – 100 тысяч часов.

5. Несомненная устойчивость к вибрации при эксплуатации, ударам, механическим, а в иных случаях химическим и прочим воздействиям.

6. Надежная и качественная эксплуатация при температуре окружающей среды от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, в зависимости от модели.

7. Другие несомненные преимущества – пожаробезопасность, отсутствие вредных излучений, экологическая безопасность и многое др.

Стимулы использования СД светильников.

Как и все осветительные приборы, светодиодная техника обладает свойственными ей преимуществами:

- низкий расход финансовых средств в течение периода эксплуатации;
- срок действия не зависит от частоты включения / выключения;
- механическая прочность;
- способность мгновенно зажигаться даже на морозе;
- отсутствие потребности в создании системы централизованного сбора отработанных источников и заводов по их утилизации.

УДК 612.85

АУДИОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ

А.А. АБЗАЛИЛОВА, А.Ш. ГАРЕЕВ, УГАТУ, г. Уфа

Науч. рук. ст. преп. Е.Ф. НУРЛЫГАЯНОВА

На предприятиях, где рабочие подвержены воздействию вредных шумов, они периодически проходят медицинский осмотр на проверку слуха, производимый с помощью специального аппарата – аудиометра. При обследовании большого количества людей становится актуальной разработка устройства аудиометрического контроля, способного обрабатывать одновременно несколько каналов с испытуемыми.

Известны способы аудиометрии и аудиометры, позволяющие проводить одновременное обследование нескольких испытуемых. Однако у этих способов есть недостатки: не учет реакции испытуемого на предыдущий сигнал и не учет индивидуальных особенностей пациентов.

Таким образом, усовершенствование устройства для аудиометрических исследований идет по пути учета индивидуального подхода к

психомоторным особенностям каждого испытуемого. Учет этих факторов позволит значительно сократить продолжительность аудиометрического контроля для лиц с достаточно высокой быстротой реакции на звуковые раздражители. А для лиц с недостаточно высокой быстротой реакции сокращение продолжительности аудиометрического контроля достигается путем предоставления испытуемому дополнительного времени для нажатия кнопки, благодаря чему становится возможным правильно учитывать испытания, время реакции на которые превышает продолжительность акустического сигнала. А это позволяет избежать итераций и сократить общее количество испытаний.

Для реализации аудиометрического контроля n -го числа пациентов, учитывающего особенности реакции каждого пациента, предлагается в структурную организацию аудиометра ввести следующие основные блоки:

- центральное процессорное устройство (ЦПУ);
- таймер интервала реакции пациента связанный с ЦПУ;
- таймер паузы между тестовыми звуковыми сигналами связанный с ЦПУ;
- блок приоритетных прерываний.

УДК 615.831.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СО СВЕТОДИОДАМИ РАЗЛИЧНОЙ ЦВЕТНОСТИ

А.А. МЕДВЕДЕВА, МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.Ю. КОВАЛЕНКО

Задача идентификации объекта в большинстве случаев решается с использованием метода регрессионного анализа. Устанавливается математическая связь между зависимой и независимой переменными, оцениваются коэффициенты регрессии. В случае криволинейной зависимости обычно используют уравнение полиномиальной регрессии вида:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^q b_i x^i,$$

где b_0, b_i - коэффициенты регрессии.

С помощью испытательной установки были проведены измерения для определения зависимости освещенности, создаваемой светодиодами (СД), от

тока. Белые СД соответствовали типу TLHW 5100, цветные СД – типам TLNB/R/Y 5100 с углом излучения $\pm 9^\circ$. Разработанная установка обеспечивала сопоставимость результатов измерений освещенности СД различной цветности, так как использовался фотоэлемент, скорректированный под чувствительность глаза человека при высоком качестве коррекции (не хуже 1,5 %).

Зависимости освещенности от тока для всех типов СД были идентифицированы однотипными уравнениями вида

$$E_i = b_{i2} \cdot I^2 + b_{i1} \cdot I + b_{i0} \quad .$$

Для построения модели был введен коэффициент, равный отношению значения освещенности СД i -ой цветности при соответствующем токе к значению освещенности СД этой же цветности при номинальном токе:

$$m_i(I) = \frac{E_i(I)}{E_{i\text{ном}}} \quad .$$

В этом случае для осветительной системы, сформированной из СД различной цветности, полный световой поток равен сумме световых потоков от СД i -ой цветности (о.е.), которые можно определить по формуле:

$$F_i = \int_{\lambda_{i1}}^{\lambda_{i2}} n_i \cdot m_i(I) F_i(\lambda) d\lambda \quad ,$$

где F_i – спектральная мощность излучения одного СД i -ой цветности, о.е.;

n_i – количество СД i -ой цветности, используемых в осветительной системе.

УДК 628.97.001.5(043.3)

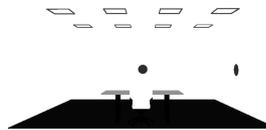
ЦВЕТОВЫЕ АКЦЕНТЫ В СВЕТОЦВЕТОВОЙ СРЕДЕ ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Н.С. ПАНТЕЛЕЕВА, МЭИ, г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.М. ЛЕБЕДКОВА

Исследования психологии окружающей среды показывают, что различные стимулы окружающей среды могут по-разному затрагивать настроение (Knez, 2001; Leater, Beale, Santos, Watts & Lee, 2003) и поведение

(Gifford, 1988; Mattila & Wirtz, 2001) человека. Цвет – важная переменная в интерьере, поскольку это относительно легкий способ изменить окружающую среду. Цвет рабочего окружения может влиять на исполнение работы (Кваллек и Льюис, 1990). Окружающая среда восстанавливает, помогает отдохнуть и отражает раздражение. Поэтому создание благоприятной светоцветовой среды очень важно. Исследования светоцветовой среды современных офисов показало, что сотрудники подсознательно уходят от монотонности окружения, располагая в поле зрения различные объекты (цветные картины, часы с цветными циферблатами, карты мира), отличающиеся по цветности от отделки стен. Тем самым они разрушают монотонность окружающей среды.



Пример расположения цветowych акцентов

В результате проведенных экспериментов, были получены цветовые сочетания акцент – фон, которые гармонично сочетаются и разрушают монотонность цветового окружения. Для охры светлой было выбрано два цвета акцентов из синей области цветов. Для зелено-желтого фона (смеси кадмия желтого светлого с марганцевой голубой) выбран один акцент того же тона, что и фон, только большей насыщенности. Для кобальта синего выбран один акцент светло-бежевого цвета. Для помещения с отделкой стен цвета кобальт зеленый светлый выбран один акцент из оранжевой области цветов. Рекомендуемые угловые размеры цветowych акцентов для этих сочетаний – 20 и 25 град. Для кадмия оранжевого так же было выбрано два цвета акценты сине-зеленого и сине-фиолетового оттенка. Рекомендуемые угловые размеры для этих акцентов – 10 и 12 град.

Во всех рекомендациях указаны 2 угловых размера для акцентов, расположенных на двух смежных стенах.

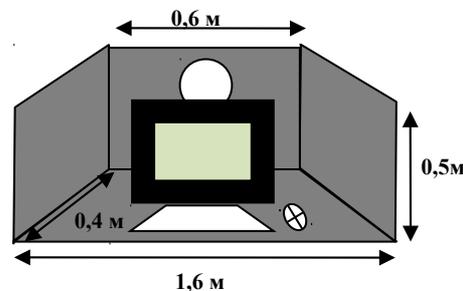
УДК 628.97.001.5(043.3)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТОЦВЕТОВОЙ СРЕДЫ ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА РАБОТУ СОТРУДНИКОВ

Н.С. ПАНТЕЛЕЕВА, МЭИ, г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.М. ЛЕБЕДКОВА

Цвет рабочего окружения может влиять на исполнение работы (Кваллек и Льюис, 1990). В офисах очень важно определить, как состояние сотрудника (его настроение, качество исполнения и удовлетворенность работой) зависит от визуальной информации, которая окружает человека, чтобы сделать среду более функциональной и благоприятной. Кроуг и Нирман (1989) заметили, что стимулы окружающей среды должны зависеть от типа выполняемой работы. При выполнении задач, требующих малого внимания, у работников будет хорошее настроение, увеличится удовлетворение и качество выполненной работы при красном окружении и еще больше увеличится при наличии цветового акцента в поле зрения. С другой стороны, для работ высокой точности самый высокий уровень хорошего настроения, удовлетворения и качества выполненной работы имеет место в синем окружении при наличии в поле зрения цветового акцента. Поэтому необходимо провести ряд экспериментов, изучающих воздействие цвета фона, акцента на самочувствие и работоспособность человека. Для этого была спроектирована установка, имитирующая рабочее место человека. Она представляет собой кабину, которая размещается на столе в помещении с обычной осветительной установкой, что позволяет наиболее точно воссоздать рабочие условия.



Установка для исследования светоцветовой среды

Установка позволяет менять цвета стен, угловые размеры и насыщенность цветовых доминант, размещать различное количество цветовых доминант, использовать для освещения различные ИС. Так же возможно изменение размера рабочей поверхности. При этом можно выполнять работу как на бумаге, так и на экране монитора.

После проведения экспериментов можно будет составить рекомендации по отделке офисных помещений. Используя эти рекомендации, можно будет создать не просто красивый офис, а офис, в котором сотрудникам будет легко и приятно работать.

УДК 543.63:54.062

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА В ВОДЕ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ

А.А. КАРТАШОВА, И.С. ЛЁВИН, Я.Ю. КУБРИК, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. НОВИКОВ;
доц. Ф.Ю. АХМАДУЛЛИНА

Формальдегид – один из основных крупнотоннажных продуктов нефтехимической промышленности. В то же время он является крайне опасным загрязнителем окружающей среды. Поэтому вопросы качественного и количественного определения формальдегида в различных объектах среды являются крайне важными.

В настоящее время существует достаточно большой ассортимент методов определения формальдегида. Выбор конкретного метода анализа определяется в первую очередь агрегатным состоянием пробы и диапазоном измеряемых концентраций.

Самыми доступными являются колориметрический и титрометрический методы, но их применение ограничивается обнаружением малых концентраций формальдегида. Гравиметрический и полярографический методы применяются реже. Для качественного определения формальдегида наиболее применимы спектральные методы (ИК- и УФ-спектроскопия). Однако, хроматографические методы превосходят все вышеописанные по эффективности.

Для определения формальдегида методом газовой хроматографии применяются хроматографические колонки, заполненные разными сорбентами (насадочные колонки), колонки в виде тонкого капилляра с нанесенной неподвижной жидкой фазой, а в последнее время активно разрабатывается новый тип колонок для газовой хроматографии – поликапиллярные.

Чаще всего формальдегид определяют косвенно, переводя его в ацетали, используя для этого реакцию со спиртами в кислой среде. При этом в качестве детекторов применяются масс-спектрометры, ПИД и фотоионизационные детекторы. Диапазон температур при анализе смеси, содержащей формальдегид как основной продукт, колеблется от ПО до 140 °С. Также для определения формальдегида подходят недавно появившиеся детекторы импульсного разряда.

УДК 628:9 (075.8)

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРОВ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЛАБОНАСЫЩЕННЫХ ПРОЗРАЧНЫХ ОБРАЗЦОВ

О.Е. ВАСИЛАШКО, СФ МЭИ, г. Смоленск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.В. ШИРОКИХ;

канд. физ.-мат. наук, доц. Г.В. СЕЛИЩЕВ

Известно, что цветность образцов зависит от спектрального состава источников излучения, освещающих их. В некоторых случаях (например, при оценке цвета бриллиантов, определении белизны материалов, качества репродукции картин и т.п.) эта зависимость играет весьма существенную роль.

Изменение насыщенности цвета Δe в пределах цветового порога $\Delta e_{\text{пор}}$ не приводит к визуально заметному изменению цветности различных объектов. Зная $\Delta e_{\text{пор}}$, можно рассчитать тот интервал изменения спектра $\Delta\phi$ источника излучения, в пределах которого нет видимых изменений в цветности излучения самого источника и освещаемого им образцов.

В данной работе исследовалось влияние изменения излучения в различных участках спектра л.л. на цветность самих л.л. и цветность слабонасыщенных прозрачных образцов. С этой целью в спектре л.л. выделили три участка, границы которых соответствуют границам оптимальных фильтров Гюбля: 1 – фиолетово-синий (380 нм – 510 нм); 2 – зелено-желтый (510 нм – 580 нм); 3 – оранжево-красный (580 нм – 770 нм). Изменяя величину потока излучения каждого участка на $\pm 20\%$, определили изменение колориметрических параметров люминесцентных ламп и освещаемых ими слабо насыщенных стеклянных образцов.

Как показали расчетные исследования, зависимость $\Delta e = f(\Delta\phi)$ имеет линейный характер и может быть описана выражением $\Delta e = k \Delta\phi$, где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа источника излучения и спектральной области.

В работе были определены $\Delta e_{\text{пор}}$ и k для каждого из рассмотренных спектральных интервалов и определены пределы изменения излучения $\Delta\phi$ л.л., при которых их цветность и цветность слабонасыщенных стеклянных образцов не выходит за пределы порога цветоощущения, т.е. визуально незаметны.

Результаты исследований могут быть полезны при разработке люминофоров люминесцентных ламп и выборе источников излучения при визуальной оценке цвета.

УДК 544.452

ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ МЫШЬЯКА В КАЧЕСТВЕ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ ДЛЯ ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

О.В. ИЛЬИНА, А.А. КАРТАШОВА, А.В. ТАНЕЕВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. НОВИКОВ

В работе приведены результаты многолетних исследований сорбционных свойств различных классов мышьякорганических соединений, синтезированных в г. Казани в прошлом столетии, но не нашедших широкого применения на практике. Таким образом, приведенные исследования являются продолжением разработки целого научного направления.

В газовой хроматографии постоянно приходится решать проблему выбора сорбента оптимальной селективности, так как от его химической природы зависит последовательность выхода компонентов из хроматографической колонки и в конечном итоге их качество разделения. С целью решения данной проблемы в представленной работе затрагиваются вопросы стандартизации и классификации сорбентов с выявлением наиболее селективных и термически устойчивых соединений, а также установления закономерностей между характеристиками удерживания сорбентов и их физико-химическими свойствами.

В ходе проведения исследований формируется оптимальный набор предпочтительных неподвижных фаз, а также банк справочных данных величин хроматографического удерживания, в который включаются корреляции, связывающие величины удерживания с химической структурой и физико-химическими свойствами молекул сорбатов и сорбентов.

Мышьякорганические соединения, исследованные в работе, являются интересными объектами по химической структуре и физико-химическим свойствам. Мышьякорганические соединения, как правило, синтезируют в достаточно чистом виде, что позволяет изучать характер межмолекулярного взаимодействия с электронодонорными сорбатами. Они являются перспективными для использования в качестве модельных сорбентов для теоретических исследований стационарных процессов, протекающих в хроматографической колонке в динамическом режиме.

УДК 544.452

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.Г. ХАЙРУЛЛИН, А.А. КАРТАШОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. НОВИКОВ

Развитие научного потенциала Республики Татарстан подразумевает изучение конкретных объектов исследования во всем их многообразии. В настоящее время одними из наиболее информативных и достоверных методов получения подобной информации являются приемы аналитической химии, куда и входит газовая хроматография.

Объем задач, который возможно решить с помощью хроматографических методов анализа трудно переоценить, поскольку данная область знаний вскрывает целый пласт научных изысканий, основанных на детальном анализе структуры исходного материала исследований. Несмотря на кажущуюся научную сложность метода и реализацию подходов к его усовершенствованию, он непосредственно связан с практикой и каждодневным материальным производством в огромном количестве отраслей народного хозяйства региона.

В данной работе нами предпринимаются попытки решения конкретных хроматографических задач разными методами, т.е. создание новых селективных сорбентов, усовершенствование аппаратного обеспечения, разработка теоретических основ.

Примером этому может служить разработка новых сорбентов с использованием уникальных веществ в качестве неподвижной жидкой фазы.

В этом случае композиция приобретает экстремальные свойства по сравнению с имеющимися аналогами.

Однако создание новых сорбентов порождает проблему стандартизации и классификации сорбентов с выявлением наиболее селективных и термически устойчивых соединений, а также установления закономерностей между характеристиками удерживания сорбентов и их физико-химическими свойствами.

С целью решения поставленной задачи проводятся исследования хроматографических факторов полярности Роршнайдера, логарифмических индексов удерживания Ковача, константы заместителей Кабачника.

УДК 543.63:54.062

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА И ПРОДУКТОВ ЕГО ГОРЕНИЯ

А.Н. МАКАРОВ, Р.Р. ХАЙРУЛЛИН, В.В. ТИМОНИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. В.Ф. НОВИКОВ

Защита атмосферного воздуха от загрязнения является одной из наиболее острых проблем современности, поскольку развитие энергетики и промышленности неизбежно сопровождается увеличением потребления топлива и ростом количества образующихся токсичных веществ. В настоящее время ведется обширная работа по изучению загрязнений атмосферного воздуха и созданию методов и оборудования для снижения выбросов токсичных веществ в атмосферу.

Для улучшения экологической обстановки и уменьшения выбросов вредных веществ необходимо оптимизировать процесс сжигания газового топлива. Это достигается путем проведения периодического контроля горючего топлива и продуктов его горения, с целью последующей корректировки режимных карт топливосжигающих установок. При работе газосжигающей установки в оптимальном режиме, достигается полнота сжигания газа, что обеспечивает минимальные вредные выбросы в атмосферу и повышение коэффициента полезного действия.

Таким образом, усовершенствование устройств, а также создание программных обеспечений, направленных на контроль и оптимизацию процессов горения в энергетических установках, является актуальной задачей. Решение этих проблем позволит улучшить экологическую

обстановку и обеспечить экономию топливных ресурсов, но невозможно без современных приборов, позволяющих за определенный промежуток времени получать достоверные сведения о качественном и количественном составе исследуемых сложных смесей.

Существует несколько физико-химических методов анализа компонентного состава газообразного топлива и продуктов его горения: спектрометрические, электрохимические, хроматографические, линейно-колористические и т.д. Наиболее часто используемыми приборами для контроля химических примесных веществ газообразном топливе и продуктах сгорания являются газоанализаторы, индикаторные трубки и хроматографы.

УДК 621.314.222.6;331.452

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

М.П. ФИСЕНКО, ЮУрГУ, г. Златоуст

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

По данным ЕНЭС доля силовых трансформаторов (СТ) 110 - 750 кВ, срок службы которых подходит к предельному, составляет около 60 %.

В связи с этим на первый план выходит проблема безопасной эксплуатации и охраны условий труда электротехнического персонала. Одним из главных элементов конструкции СТ, влияющим на электрическую безопасность является главная изоляция, которая в процессе эксплуатации подвергается различным воздействиям, вследствие которых происходит её износ и старение. Одним из механизмов старения жидкой изоляции является кавитация, из-за которой образуются пузырьковые кластеры различных размеров и форм в определенных местах. Они могут содержать пузырьковую структуру типа цепочки пузырьков вдоль силовой линии промежутка [2].

Для контроля технического состояния дефектной области жидкой изоляции с микропузырьками предлагается математическая модель состояния жидкой изоляции с микровключением [3], которая описывается математическими уравнениями неразрывности и состояния жидкости, уравнением Релея и объёмным уравнением соответственно:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial P}{\partial t} + \rho_0 \frac{\partial V}{\partial x} = -\rho_0 \frac{\partial}{\partial t} \lg(1 - \varphi), \quad R \frac{\partial^2 R}{\partial t^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{\partial R}{\partial t} \right)^2 = \frac{1}{\rho_0} (P_g - P), \quad \varphi = \frac{4}{3} \pi n R^3.$$

Здесь t -время, V – гидродинамическая скорость частиц жидкости, P – давление жидкости, R – радиус пузырьков, P_g -давление газа в пузырьках, ρ -плотность несущей жидкости, c -скорость звука в жидкости без пузырьков, ϕ -объёмное содержание газа, τ -число монодисперсных пузырьков в единице объёма. Индекс «0» относится к невозмущённым параметрам смеси.

Данная математическая модель реализована в установке, работа которой основана на параметрической излучающей антенне. Физическая модель установки и принцип её действия рассмотрен в [3].

Установка позволяет производить измерения непосредственно на действующем электрооборудовании при номинальных параметрах рабочего режима. При этом эффективность исследований повышается, так как условия проведения испытаний близки к реальным.

Литература:

1. Лукьянов М.М. Физическая модель установки контроля микровключений в жидкой изоляции и предупреждения об её опасном состоянии / М.М. Лукьянов, А.Б. Святых, А.В. Коношенко // Электробезопасность. – 2010. – № 1.

СЕКЦИЯ 7. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

УДК 621.396

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ВТОРОГО РОДА СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ С НЕРАВНОМЕРНОЙ ВЫБОРКОЙ

А.Р. САФИН, МЭИ, г. Москва

Науч. рук. канд. тех. наук, проф. М.В. КАПРАНОВ

Системы импульсно-фазовой синхронизации (ИСФС), работающие с выборочными значениями опорного колебания, используются в системах оптимального приема сигналов на фоне помех, когерентной демодуляции аналоговых и цифровых сигналов, синтезаторах высокопрецизионных колебаний. Важной особенностью ИСФС, в которых выборки опорного сигнала производятся неравномерно на оси времени, является наличие кроме основного синхронного режима (первого рода) большого числа устойчивых

периодических синхронных режимов дробной кратности частоты (второго рода) и хаотических режимов.

Целью данной работы является экспериментальное исследование (см. рис. 1,а) динамических режимов второго рода в ИСФС с неравномерной выборкой с помощью установки National Instruments – ELVIS II DATEx.

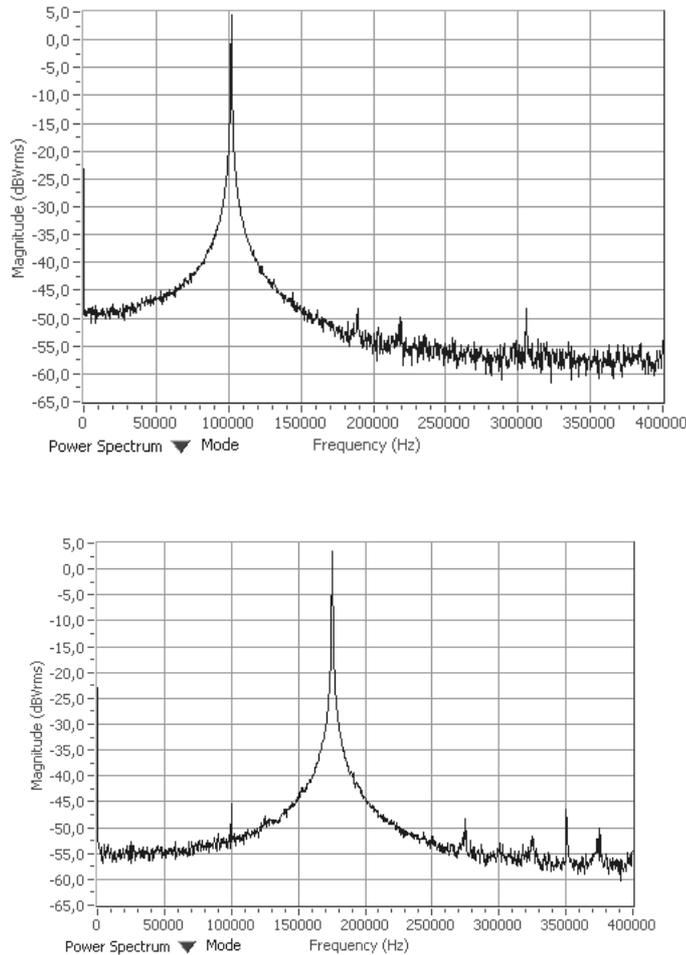


Рис.1. а) Спектральная плотность мощности выходного сигнала в зонах синхронизма 1/1 (слева частота выходных колебаний точно равна частоте входного сигнала) б) и 1/2 (справа частота выходных колебаний приблизительно равна удвоенной частоте входного сигнала)

В ходе проведенных исследований была найдена граница полосы синхронизма ИСФС с неравномерной выборкой в режиме синхронизма 1/1 – $\omega / 2 = 0,8549$ кГц, при этом при расстройке относительно центра зоны синхронизма спектр выходного сигнала «не приобретает» паразитных спектральных составляющих, что согласуется с теорией. В зоне удвоения частоты спектр выходных колебаний приобретает паразитные спектральные составляющие на комбинационных частотах (см. рис.1,б), что объясняется существенной неравномерностью в выборке входного сигнала. В заключении

были исследованы режимы деления частоты на 2. Эксперименты показали, что спектр выходного сигнала является чистым. Аналогичная тенденция наблюдается и в зонах деления частоты высших кратностей.

УДК 621.315.592

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Р.М. АСТАШКИН, КГЭУ, г. Казань

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

Компенсация реактивной мощности для промышленных предприятий и сетей, где имеется резкое изменение нагрузки, особенно при «слабых сетях» (с низкой мощностью короткого замыкания – $S_{к.з.}$) является, пожалуй, одной из самых актуальных задач развития промышленности нашей страны на настоящий момент.

Очень кратко их можно сформулировать следующим образом:

1. Стабилизация напряжения на высоковольтных шинах предприятий и сетей.
2. Подавление высших гармоник, присутствующих в сети от работы многочисленных преобразователей частоты и напряжения.
3. Улучшение коэффициента мощности предприятий – $\cos\varphi$.
4. Снижение фликкера – низкочастотных колебаний ($f < = 50$ Гц), оказывающих вредное воздействие на здоровье человека.

В качестве перспективной замены давно известным технологиям с СТК, включающими ТРГ (тиристорно-реакторные группы), в мире успешно применяют преобразователи, работающие на конденсаторы, на IGBT-транзисторах с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), в зависимости от напряжения на шинах, в выпрямительном или инверторном режимах работы.

5. Плавное регулирование индуктивной нагрузки с помощью ТРГ и подавление высших гармоник с помощью высокочастотных силовых фильтров.

Такие устройства носят название СТК (статических тиристорных компенсаторов).

6. Плавное регулирование индуктивной и емкостной нагрузки с помощью естественной или принудительной коммутации инвертора с параллельно включенными фильтрами высших гармоник для их подавления.

7. Применение СТК, в результате чего, стабилизируется напряжение на шинах, повышается коэффициент мощности и снижается фликкер, - приводит, в итоге, к улучшению качества электроснабжения предприятия и повышению его производительности в среднем на 10-15 %.

УДК 537.525

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ТРУБКЕ С ЭЛЕКТРОЛИТОМ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Г.Т. САМИТОВА, А.Ф. ГАЙСИН, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ф.М. ГАЙСИН

Неравновесная низкотемпературная плазма электрического разряда атмосферного давления в трубке привлекли внимание исследователей ввиду их довольно широких применений, связанных с защитой окружающей среды. Генерирование интенсивного УФ-излучения, ударных волн и активных радикалов электрические разряды особенно пригодны для очистки от загрязнений, стерилизации, очистки и полировки металлов и сплавов [1–2 и др.].

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования – особенности электрического разряда в трубке методом цифровой фоторегистрации. Видеосъемка осуществлялась на видеокамеру «SONY» HDR-SR72E. Время экспозиции = 0,04 с.

Анализ экспериментальных данных показал, что активные центры участвуют в химических реакциях всего объема трубки. Происходит изменение состава и содержания среды, что в свою очередь влияет на состояние обрабатываемых поверхностей, находящихся в трубке.

Таким образом, изучены некоторые особенности развития электрического разряда в трубке. Выявлено, что в пористом электролите на границе между пористым и сплошным электролитом объемный разряд переходит в многоканальный разряд кольцевой формы (рис. 6). Для объяснения механизма обнаруженного явления необходимо накопить большое количество экспериментальных данных.



Рис. 1

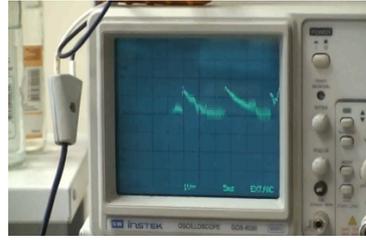


Рис. 2

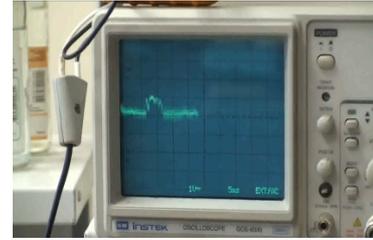


Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

УДК 512.667, 517.5

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРЫ БИАЛГЕБРЫ НА АЛГЕБРЕ ТЕПЛИЦА

М.А. АУХАДИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. С.А. ГРИГОРЯН

Векторное пространство A называется коалгеброй⁽¹⁾, если на нем заданы линейные отображения $\Delta: A \rightarrow A \otimes A$, $\varepsilon: A \rightarrow \mathbb{C}$, удовлетворяющие следующим аксиомам:

1. Коассоциативность $(\Delta \otimes id) \circ \Delta = (id \otimes \Delta) \circ \Delta$,
2. $(\varepsilon \otimes id) \circ \Delta = (id \otimes \varepsilon) \circ \Delta = id$

Отображение Δ называется коумножением, ε – коединицей.

Векторное пространство A называется биалгеброй⁽¹⁾, если на A заданы структуры алгебры и коалгебры, и коумножение Δ и коединица ε являются гомоморфизмами алгебры A :

$$\begin{aligned}\Delta(xy) &= \Delta(x)\Delta(y), \\ \varepsilon(xy) &= \varepsilon(x)\varepsilon(y)\end{aligned}$$

Пусть H – бесконечномерное гильбертово пространство над полем комплексных чисел. Рассмотрим на H линейный оператор одностороннего сдвига T , действующий на базисе $H = \{e_n\}_{n=0}^{\infty}$ следующим образом: $Te_n = e_{n+1}$. Тогда значение на базисе сопряженного оператора T^* будет следующим:

$$T^*e_n = \begin{cases} e_{n-1}, & n \geq 1 \\ 0, & n = 0 \end{cases}$$

Операторы T и T^* порождают алгебру с единицей T^*T над полем комплексных чисел относительно операторного сложения и умножения. Замыкание этой алгебры по операторной норме называется алгеброй Теплица.

Теорема. На алгебре Теплица существует структура биалгебры. Более того, алгебра Теплица с этой структурой становится компактной квантовой полугруппой⁽²⁾.

Литература

1. Кассель К. «Квантовые группы». Перевод с англ. И.А. Дынникова, под редакцией В.М. Бухштабера – М.: Фазис, 1999.
2. P.M. Soltan “When a quantum space is not a group?”. Conference Banach algebras 2009, Stefan Banach International Mathematical Center, Będlewo, Poland.

УДК 621.396

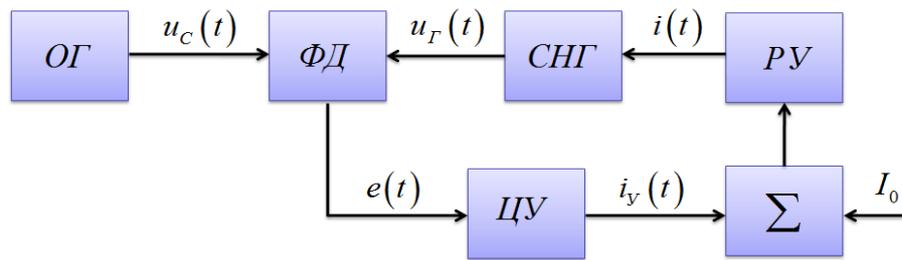
СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ СПИНОВОГО НАНОГЕНЕРАТОРА

А.Р. САФИН, Н.А. ФОЛОМЕЕВА, МЭИ, г. Москва
Науч. рук. канд. тех. наук, проф. М.В. КАПРАНОВ

В настоящее время в различных областях техники находят широкое применение элементы спинтроники, что обусловлено их привлекательными характеристиками для практики (миниатюрные размеры, широкий диапазон перестройки по частоте, малые рабочие напряжения). Простейшим таким устройством является спиновый наногенератор (СНГ), состоящий из многослойных ферритовых наноразмерных пластин, разделенных непроводящими материалами. Такая структура СНГ позволяет генерировать переменные напряжения в широком диапазоне частот (до ~ 100 ГГц) в зависимости от приложенного тока. Однако использование СНГ на практике ограничено высоким уровнем фазового шума $\approx 1\% - 10^{-3}$. Одним из методов борьбы с этим паразитным качеством СНГ является использование системы фазовой автоподстройки частоты СНГ.

Целью данной работы является использование теории фазовой синхронизации для стабилизации частоты СНГ и уменьшения уровня

фазового шума. В работе выводится и исследуется математическая модель исследуемой системы, ее основные режимы и пределы устойчивости.



Структурная схема системы стабилизации частоты СНГ. ОГ – опорный генератор, ФД – фазовый детектор, ЦУ – цепь управления, РУ – решающее устройство, СНГ – спиновый наногенератор

УДК 621.315.592

АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭКРАНОВ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ ПРИ ВНУТРЕННИХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

А.В. ДВОРЦОВ, КГЭУ, г. Казань

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

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

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

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

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

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

Проблема токов в экранах в нормальном режиме, кабелей с малым сечением жилы решается за счет расположения фаз сомкнутым треугольником, а кабелей с большим сечением жилы решается за счет секционирования экранов, применения транспозиции.

Проблема термической стойкости при повреждении изоляции кабелей с малым сечением жилы решается выбором сечения экрана или отчасти облегчается применение «скрутки» экранов в соединительных муфтах, а кабелей с большим сечением жилы решается выбором сечения экрана.

УДК 621.315.592

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ СЕЛЕНИДА ЦИНКА ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ ОПТИЧЕСКОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Г.П. ЯБЛОНСКИЙ, А.Л. ГУРСКИЙ, Е.В. ЛУЦЕНКО, институт физики
им. Б.И. СТЕПАНОВА НАН БЕЛАРУСИ, г. Минск,
А.Н. ГАВРИЛЕНКО, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

В связи с тем, что селенид цинка (ZnSe) является перспективным и современным материалом для производства оптоэлектронных приборов, в частности светоизлучающих диодов и лазеров в голубой области спектра, ведется поиск новых методов получения эпитаксиальных слоев ZnSe.

В результате работы автором данных тезисов Гавриленко А.Н.:
1. измерены интегральные интенсивности полос излучения более 30 кристаллов (эпитаксиальных слоев ZnSe, а также гетероструктур ZnSe/ZnS_xSe_{1-x}, выращенных на GaAs-подложках методом MOVPE в разных технологических условиях) при температурах 78 и 300 К, разных уровнях возбуждения, энергии квантов и длительности возбуждающего излучения.

2. Определена взаимосвязь технологических условий выращивания и эффективности излучательной рекомбинации. Установлены причины различий в качестве кристаллов: большая дефектность и загрязненность примесями поверхностного слоя по сравнению с объемом, отклонения от

стехиометрического состава в сторону обогащения Se и высокая концентрация примесей.

3. Установлено, что при комнатной температуре и высоких уровнях возбуждения собственное излучение образцов вызвано рекомбинацией носителей в электронно-дырочной плазме. Получен режим стимулированного излучения при комнатной температуре в кристаллах.

4. Определены механизмы рекомбинации голубых и красной полос люминесценции (полосы 625 нм, 458 нм и 470 нм). Оценены энергии ионизации акцептора (105 мэВ) и донора (80 мэВ).

5. Из формы спектров ФЛ гетероструктур ZnSe/ZnS_xSe_{1-x} оценена длина диффузии L и концентрация n неравновесных носителей заряда в слоях при мощности возбуждения 100 кВт/см² ($L \approx 0,3$ мкм, $n \approx 5 \cdot 10^{17}$ см⁻³).

Проведенные исследования позволяют глубже понять процессы, происходящие в эпитаксиальных слоях ZnSe и улучшить технологию их производства, чтобы получить материал высокого качества.

УДК 621.3.027

ДИАГНОСТИКА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Б.А. НАУМОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Причиной возросшего применения метода регистрации частичных разрядов (ЧР) при диагностике электрической изоляции высоковольтного оборудования в условиях его эксплуатации явилась его высокая эффективность. Применение этого метода позволяет выявлять образование ЧР в дефектных местах на ранних стадиях. Характеристики ЧР позволяют производить многостороннюю оценку свойств дефектов и характера процесса ЧР. Метод позволяет определять как интегральные свойства характеристик ЧР, представляющих собой множество разрядов, так и свойства единичных разрядов, а также позволяет безынерционно отражать явления разрядов в изоляции.

По мере выполнения исследований ЧР и получения дополнительных результатов исследования развития ЧР и влияния их на разрушение изоляции нормированные значения характеристик ЧР, естественно, будут уточняться. Сложная функциональная зависимость электрической прочности изоляции и характера развития ЧР от различных испытательных или эксплуатационных

воздействий определяют необходимость применения комплекса характеристик ЧР для оценки состояния изоляции.

Применение метода диагностики изоляции по характеристикам ЧР в условиях эксплуатации связано с проблемой селекции сигналов ЧР и сигналов помех.

УДК 538.945:621.31

ЭФФЕКТ БЛИЗОСТИ В НАНОСТРУКТУРАХ «ФЕРРОМАГНЕТИК-СВЕРХПРОВОДНИК»

И.И. НИЗАМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. М.Г. ХУСАИНОВ

Построена теория эффекта близости для слоистых структур ферромагнетик/сверхпроводник (FM/S), которая, в отличие от прежних подходов, учитывает: а) конечную прозрачность границы раздела металлов; б) конкуренцию между диффузионным и волновым типами движения квазичастиц в сильном обменном поле ферромагнетика; в) пространственные вариации парной амплитуды не только поперек слоев FM и S (1D случай), но и в плоскости границы раздела FM/S (3D случай); г) обменное взаимодействие ферромагнитных слоев через сверхпроводящие прослойки.

Установлено, что сверхпроводимость в FM/S-системах является суперпозицией БКШ-спаривания со знакопостоянной парной амплитудой в S-слоях и спаривания по механизму Ларкина-Овчинникова-Фульде-Феррелла (ЛОФФ) с осциллирующей волновой функцией в FM-слоях. При этом нами *впервые* обнаружено наличие новых трехмерных (3D) состояний ЛОФФ, которые в большинстве случаев обладают более высокой критической температурой T_c , чем ранее найденные нами 1D состояния ЛОФФ. Выработаны критерии и рекомендации для формирования мультислойных систем FM/S с заранее заданным мультикритическим поведением фазовых диаграмм, сочетающих магнитный и сверхпроводящий порядок. Исследован принцип действия новых логических устройств – сверхпроводящих спиновых криотронов и наноячеек памяти, сочетающих сверхпроводящий и магнитный каналы записи информации в одном FM/S/FM/S образце.

УДК 681.3: 61

ПРИБОР ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МОЗГОВЫХ РИТМОВ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ LABVIEW

И.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Как показано в некоторых зарубежных научных работах, электрический сигнал, получаемый от мозга можно использовать для определения состояния мозга человека. Одним из способов зарегистрировать этот сигнал является электроэнцефалография.

Величина колебаний электрических потенциалов, продуцируемых мозгом, очень мала. Они имеют амплитуду от нескольких микровольт до нескольких сот микровольт (до 500–600 мкВ). Для того чтобы они могли быть записаны, их необходимо предварительно усилить и избавиться от помех. Типичные схемы регистрации (для одного канала записи сигнала) представлены на рис. 1. Применяют два способа отведения: монополярный, когда один из двух электродов – активный, а другой – индифферентный (рис. 1, а) и биполярный, когда оба электрода являются активными и последовательно связаны друг с другом (рис. 1, б).

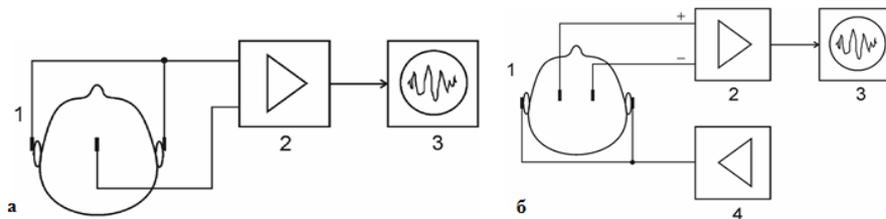


Рис. 1. Два способа регистрации одноканального сигнала от головного мозга:

- а) монополярный - один из двух электродов – активный, другой – индифферентный,
- б) биполярный - оба электрода являются активными и последовательно связаны друг с другом

Исходя из параметров измеряемых величин и требованиям к аппаратуре, нами построен виртуальный прибор, позволяющий детектировать колебания альфа, бета, и тета-ритма, определять амплитудные характеристики колебаний: размах, амплитуду, среднеквадратичное значение.

На основе анализа отфильтрованных сигналов можно сделать определенные выводы. Например, известно, что альфа-ритм характерен для

взрослого бодрствующего человека. На различных стадиях сна альфа-ритм заменяется тета- или бета- ритмами.

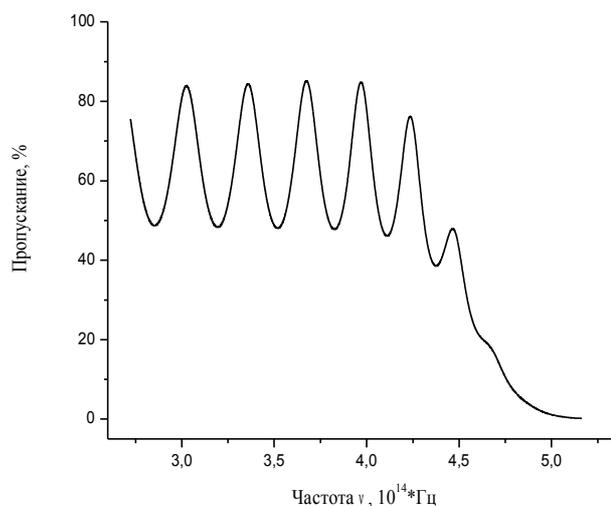
УДК 620.9–026.61

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ ПЛЕНКИ As_2Se_3

М.Г. СЕВАСТЬЯНОВ, В.А. ЕСЬКИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В.Л. МАТУХИН

Халькогенидные стеклообразные полупроводники на сегодняшний день представляют интерес в различных областях науки и техники (оптическая электроника, компьютерная электроника и др.). Основанием для этого служит высокая прозрачность в широком диапазоне длин волн в инфракрасной области, возможность изменения в больших пределах показателя преломления, низкая энергия фононного взаимодействия и технологичность этого класса материалов. Кроме этого, получение ценных сведений о свойствах халькогенидных материалов открывает новые области их применения.

В настоящей работе исследовался оптический спектр пропускания светочувствительной пленки As_2Se_3 в диапазоне от 190 до 1100 нм, измерения проводились на приборе Perkin Elmer Lambda 25. Несмотря на то, что этот прибор предназначен для исследования спектров различных жидкостей, после



Спектр пропускания светочувствительной плёнки As_2Se_3 в красной и ближней инфракрасной областях оптического диапазона

некоторых доработок стало возможным получение спектров твердотельных плёнок.

На рисунке представлен спектр пропускания светочувствительной пленки As_2Se_3 в красной и ближней инфракрасной области оптического диапазона.

На спектре наблюдается периодически избирательное поглощение, при этом максимумы (как, впрочем, и минимумы) расположены эквидистантно. Такая форма спектра представляет определенный теоретический интерес. Что же касается практической стороны вопроса, то подобное свойство данной пленки может найти применение на практике, к примеру, в избирательных светофильтрах оптических измерений.

УДК 621.315592

ЯДЕРНЫЕ КВАДРУПОЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА

С.В. ШМИДТ, Е.В. ШМИДТ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.Л. ЕРМАКОВ

Ядра со спином $I \geq 1$ наряду с магнитным дипольным моментом обладают электрическим квадрупольным моментом (eQ), взаимодействие которого с градиентом электрического поля (ГЭП) в месте расположения ядра (eq) приводит к появлению квадрупольных эффектов в спектрах ЯМР. Основным параметром ядерных квадрупольных взаимодействий является константа квадрупольной связи (ККС), определяемая как $Q_{cc} = e^2Qq/h$. В состав полупроводниковых соединений со структурой халькопирита входят атомы, имеющие ядерный квадрупольный момент (Cu, Ga, In), а поскольку ГЭП непосредственно связан с распределением электронной плотности в кристалле, измерения спектров ЯМР квадрупольных ядер позволяют получить ценные сведения о характеристиках электронного распределения вблизи резонансных ядер. В настоящей работе результаты исследований спектров ЯМР ^{63}Cu используются для анализа источников происхождения ГЭП в месте расположения ядер меди в полупроводниковом соединении $CuInS_2$. Известно, что результирующий ГЭП на ядре может быть представлен в виде суммы двух вкладов (решеточного и орбитального):

$$eq = e(1-\gamma_\infty)q_{\text{реш.}} + e(1-R)q_{\text{орб.}}$$

где $(1-\gamma_\infty)$ – фактор антиэкранирования Штернхаймера и R – фактор экранирования. Используя значения антиэкранирующего фактора $(1-\gamma_\infty)=6,1$, можно получить вполне удовлетворительное объяснение полученному из спектров ЯМР значению ККС ($Q_{CC}(^{63}\text{Cu}) = 0,34$ МГц). Выполненные оценки показали, что эти два вклада в ГЭП примерно равны по абсолютной величине, но поскольку они имеют противоположные знаки получается сравнительно малая величина результирующего ГЭП в месте расположения резонансных ядер меди.

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Д.А. ШУЛЬГИН, КГЭУ, г. Казань

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

В последнее время возобновился интерес к созданию новых термоэлектрических материалов. Целью исследований в данной области является получение вещества, которое может также хорошо, как и кристаллический проводник проводить электрический ток, и плохо – тепло. В таких веществах должны присутствовать слабо связанные атомы или молекулы, способные к свободным колебаниям в пределах ограниченного объема. Эти частицы рэттлеры будут эффективно рассеивать фононы, что приведет к понижению теплопроводности, но не окажут существенного влияния на электропроводность. В основе термоэлектрического охлаждения лежит эффект Пельтье. Согласно этому эффекту градиент температуры возникает при пропускании электрического тока через спай двух неодинаковых проводников. Для получения высокоэффективного термоэлектрического элемента необходимо создание материала с высокой электропроводностью (s) и низкой теплопроводностью (k), а также иметь высокий коэффициент Зеебека (S). Это необходимое условие для того, чтобы безразмерный параметр термоэлектрической эффективности $zT = \frac{TS^2s}{k}$, где T - абсолютная температура, был максимален.

В докладе будут приведены результаты исследований спектров ядерного резонанса некоторых перспективных термоэлектрических материалов.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Федяев Л.Ф., Моренко И.В., Серазетдинов Н.З.
Гидродинамика и теплообмен при обтекании тел жидкостью с примесями.

Голенищев-Кутузов А.В., Евдокимов Л.И., Черномашенцев А.Ю. Компьютерная система для контроля и анализа частичных разрядов, возникающих в высоковольтной изоляции, с использованием среды LabVIEW.

Губаев Д.Ф. Новая конфигурация и задачи развития сетевого комплекса.

Thomas Streil, A. Demidov. Radon studies in Saxony and Tatarstan: similarities and peculiarities.

Yucel Ogurlu. Akkuyu şehirde atom elektrik santralının inşaatına göre elektrik enerji endüstrisi alanında Rusya yasasına oranla Türkiye Cumhuriyeti ana yasa konumlarının toplu bakışı

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ

Ахметшин А.Р. Определение эффективного способа обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительной сети 10 кВ.

Антонов П.С. Анализ вариантов развития основной сети 220–500 кВ объединенной энергосистемы востока на период до 2020 года.

Антонова А.С. Перспективы развития межсистемных связей

единой энергетической системы России.

Александров С.А. Реконструкция воздушных линий 110 кВ Сызрань 4-5.

Афанасьева Т.И. Реактивная мощность – ключ повышения качества электроэнергии.

Бадаева Р.Ф. Определение влияния волокон целлюлозы на диэлектрические и спектральные характеристики изоляционного масла.

Балобанов Р.Н., Насырова А.И. Микропроцессорные устройства защиты «Сириус-ТЗ» и «Сириус-3-ЛВ-03» в системах релейной защиты и автоматизации на подстанциях.

Биккиняева Ю.К. Стабильность трансформаторного масла при изменении концентрации в немароматических соединениях

Борнукова Ю.В. Алгоритмы, методология и методика исследования устойчивости энергосистем.

Богданов В.В. Состояние и перспективы применения накопителей энергии.

Баскаков Е.А. Исследование несинусоидальности напряжения в узлах электрической цепи.

Гайнуллин А.И. Тренажер проектирования ТЭЦ на ЭВМ.

Ганиев А.Ф. Расчет тепловых режимов одножильных кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 6–110 кВ методом конечных элементов в нормальном и аварийном режимах работы.

Гареев А.Ш., Афанасьева Т.И. Особенности расчета показателей надежности за рубежом.

Горшков А.А., Ширшов А.В., Филатов Д.Ю. Системы КИПП-2М – устройство для построения распределенных интегрированных систем автоматизации подстанций.

Деревяшкин А.В. Расчёт тока однофазного замыкания на землю в сетях 6 кВ газохимического завода ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ».

Забиров М.И. Реконструкция системы электроснабжения собственных нужд КТЭЦ-2.

Захаров И.А., Ионцева О.А. Проблема перенапряжений в электрических сетях и их воздействия на электрооборудование установки Л-35/11-1000, завода НПЗ, ОАО

«САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ».....

Захаров Н.Л. Перспективы использования когенерационных надстроек к котельным в коммунальной энергетике.

Измайлова Г.Х. Исследование возможности использования регулируемых устройств компенсации реактивной мощности для управления движения генераторов в динамических переходах энергосистем.....

Ивановская Е.В. Методика выбора аппаратов защиты в протяженных линиях 0,4 кВ с распределенной нагрузкой.

Исаев С.А. Модернизация и повышение энергетической эффективности системы электроснабжения Рязанского кожевенного завода.

Калматов Ч.Ч. Сооружение и эксплуатация линии электропередач высокого напряжения в высокогорных условиях....

Коннова А.В. Тепловизионная диагностика вводов силовых трансформаторов.

Козин М.Ю. Контроль сопротивления изоляции на ТЭЦ турбогенераторов малой мощности.

Кузьмин И.Л. Анализ экспериментальных результатов измерения тока при однофазном замыкании на землю.....

Кобзева Я.А. Использование всережимного моделирующего комплекса реального времени как базы для постановки деловых игр для профессиональной подготовки студентов электроэнергетического профиля.

Лоскутова О.А. Применение высоковольтного зондирования для диагностирования дефектных изоляторов воздушных линий электропередач до 35 кВ.

Макеев М.С. Применение теории графов для задания начальных условий расчета модели электроэнергетической системы. .

Миннубаев А.Д. О применении искровых модулей в ограничителях перенапряжения.

Мударисов Р.М. Работа систем возбуждения синхронных двигателей при коротких замыканиях в системах внешнего электроснабжения.....

Мурсалимов Т.И. Анализ влияния статических тиристорных компенсаторов на пропускную способность воздушной линии.

Мурачѐв А.С. Анализ выполняемости критерия N-2 для АЭС и N-1 для ТЭС и ГЭС России.

Назарьев И.Н., Ильдарханов Р.Г. Математическая модель обмотки высокого напряжения силового трансформатора ТРДН-25000/110.

Ндайзейе М. Перспективы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электроснабжения объединенных и изолированных потребителей в республике Бурунди.

Обливальная Т.В. Методика проведения анализа электрического оборудования электростанций и подстанций

Парамонов М.А. Контроль изоляции статоров генераторов измерением частичных разрядов.

Подрезов А.Н. Оценка уровней напряженности электрических и магнитных полей вблизи электроэнергетических объектов на примере подстанции «Киндери-500 кВ».

Сабитов А.Х. Влияние масла на оценку степени полимеризации бумажной изоляции.

Сергеев Р.В. Анализ влияния статических тиристорных компенсаторов на режимы электропередачи с использованием моделирования в среде SIMULINK

Тимиргалиев Л.Р. Преимущества замены вентильных разрядников на ограничителях перенапряжений на подстанции 110/10 кВ.

Тихончук Д.А. Коммутация батареи статических конденсаторов 110 кВ выключателями с трехполюсным управлением одним приводом.

Файзуллин Р.А. Электромагнитный метод контроля состояния изоляции листов активной стали статоров турбогенераторов.

Чекан Г.В. Результаты расчета показателей надежности замкнутой распределительной электрической сети

Чуркин Е.А. Мониторинг кабельных сетей 10 кВ.

Шайбеков А.Ф., Семенов В.В. Ветроэнергетические установки на базе асинхронизированных синхронных генераторов

Шайхутдинов Н.И. Уменьшения потерь электроэнергии за счет компенсации реактивной мощности.

Шаньята Ф. Анализ и перспективы развития солнечной энергетики Намибии.

Яппаров Ф.Ф. Применение компьютерных технологий по выбору номинальных параметров асинхронных двигателей.

Захаров Н.Л., Петров В.С. Устройство автоматики

ликвидации асинхронного режима для установки на когенерационных станциях, работающих параллельно с энергосистемой.

Дамдинова Д.Ч., Федорова Е.А. Особенности введения информации в геоинформационных системах электрических сетей. . .

Зырянов М.И. Исследование возможности размещения крупных ветроэнергетических станций в условиях Республики Татарстан.

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Абраров Т.А. Система контроля, управления и диагностики при эксплуатации электрооборудования с использованием информационных технологий.

Афзалов А.В. Реализация схем синтеза и моделирования аналоговых активных фильтров в ORCAD PSPICE

Ахметзянов Р.З. Система обнаружения небаланса ротора электрических машин во время эксплуатации.

Галимзянов Р.Ш. Оценка технического состояния подшипниковых узлов электрооборудования в условиях эксплуатации.

Дичев Н.В. Метод определения временного положения эхо-импульса с медленно нарастающим фронтом его огибающей.

Золов Н.В. Использование программного комплекса LabView для параметрической идентификации модели кинетики реакции окисления этилена

Закиев И.А. Поиск и анализ методов численного интегрирования высокой точности при решении задач моделирования многослойных структур.

Зинкевич А.И. Разработка системы диагностики неисправностей и управления процессом эжектирования в конденсаторах тепловых электрических станций.

Крыницкий П.П. Универсальный компьютеризированный измерительный модуль.

Лутошкин И.А. Метод оценки технического состояния

электрического оборудования в условиях эксплуатации на основе современных информационных технологий.

Лихоткин В.С. Консолидация серверной инфраструктуры. Виртуализация.

Моисеев А.Л. Коэффициент для оценки эффективности компьютерной сети на базе Microsoft Windows

Марданова Э.Р. Вероятностные методы оценки надежности электрической сети.

Низамова Г.Ф. Применение метода Фурье к анализу частотного спектра колебаний оси вращения многослойного тела

Рудозуб В.В. Основы физико-химической диагностики маслonaполненного электрооборудования.

Уразаев А.Е. Модель многомерной ультразвуковой системы покомпонентного измерения расхода эмульсии.

Хамитов А.Ф. Построение алгоритма диагностирования на основе функционально-логических граф-схем.

Чуваткина Т.А., Юртаева С.А. Автоматизация измерений параметров энергосберегающих источников света в процессе их сертификации.

Шибанов Р.С. Система контроля технического состояния электрических машин по виброакустическим параметрам в условиях эксплуатации

Воронцов А.В. Определение конструктивных параметров датчиков, обеспечивающих заданное потокораспределение.

Куклина И.Г. Расчеты сопротивления материалов при помощи современных информационных систем.

СЕКЦИЯ 3. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Одинокоев Е.В. Способ определения поврежденного участка и типа повреждения в электроэнергетической сети с разветвленной топологией.

Петров Ф.Г. Способ определения места однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью линии 6-10 кВ.

Андреев М.В., Рубан Н.Ю., Гордиенко И.С., Прутик А.Ф. Программная реализация всережимной математической модели

дифференциальной защиты трансформатора с торможением ДЗТ-21. .

Бутина Ю.А. Математическое моделирование устройства автоматической частотной разгрузки, выполненного на основе индукционного реле типа ИВЧ-011.

Гордиенко И.С., Андреев М.В., Рубан Н.Ю., Прутик А.Ф. Математическое моделирование органа направления мощности нулевой последовательности защиты ШДЭ 2801.

Рубан Н.Ю., Андреев М.В., Гордиенко И.С. Повышение адекватности моделирования релейной защиты на примере дифференциально-фазной высокочастотной защиты ДФЗ-201

Рыжкина И.С. Автоматическое включение резерва на мини-ТЭС с управлением по программным траекториям движения технических объектов.

Чан Хоанг Куанг Минь. Робастность релейной защиты и ее связь с технической эффективностью

Фомин А.И. Расчет установившихся и предельных режимов работы сложных электрических систем на ЭВМ

Ермаков К.И. Алгоритмическое моделирование линии электропередач.

Дугин А.М. Цифровая обработка сигналов локационного зондирования при помощи адаптивных фильтров.

Михайлов Р.А., Писковацкий Ю.В. Способ запрета автоматического повторного включения на устойчивое двухфазное или трехфазное короткое замыкание на шинах основного источника питания и на близкое короткое замыкание в отходящей линии при отказе ее выключателя.

Ведерников С.Г., Лаврентьев И.С. Организация сети передачи данных с импульсных рефлектометров.

Черепанов А.А. Повышение надежности ГПП-1 ОАО «АВТОВАЗ» путем внедрения микропроцессорных защит

Галимзянов Э.Н. Разработка методических указаний по наладке терминала «SPAC 810T» фирмы АВВ

Белюсова Н.А., Гранкин М.С., Литвинова А.Н. «СИРИУС-2МЛ» - защита и автоматика кабельных и воздушных линий 6–35 кВ .

Сапаров А.А. Разработка методических указаний по наладке терминала ШЛ 2604 ИЦ «БРЕСЛЕР»

Рябов М.А. Особенности релейной защиты блоков «генератор-

- трансформатор»
- Макеев М.С.** Создание модели типового гидродинамического автоматического регулятора частоты вращения.
- Иванов Ю.И.** Математическое моделирование магнитного поля дистанционного измерительного преобразователя тока.
- Ахметов И.М.** Устройство контроля состояния тиристоров.
- Петров В.С., Щукин Д.С.** Моделирование оборудования энергосистемы на программно-аппаратном комплексе RTDS (Real Time Digital Simulator) для испытания и настройки устройств автоматики ликвидации асинхронного режима.
- Снегирёва К.К.** Анализ технической эффективности дифференциальной защиты трансформаторов и автотрансформаторов
- Горожанкин П.А.** Особенности измерения токов и напряжений в микропроцессорных терминалах релейной защиты и автоматики
- Баракин К.А., Горский Е.Р., Наумов В.А., Разумов Р.В.** Способы повышения живучести тепловых станций при системных авариях путем выделения на сбалансированный энергорайон.
- Сафронов А.С.** Повышение надежности электроснабжения при кратковременных провалах напряжения.

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ (ПО ОТРАСЛЯМ)

- Ягудин В.И.** Анализ потребления реактивной мощности на газохимическом заводе ОАО Салаватнефтеоргсинтез и предложения по компенсации реактивной мощности
- Закиров Р.Р.** Использование постоянного тока для передачи электрической энергии.
- Шурупова К.Е.** Оптимизация схем электроснабжения завода НПЗ ОАО «Салаватнефтеоргсинтез».
- Логачева А.Г.** Магнитные потери в многофазных электродвигателях, их учет и оценка.
- Левин Д.С., Карнаух А.В.** Повышение эффективности эксплуатации воздушных линий электропередач.
- Коршунов К.А.** Использование постоянного тока в схемах электроснабжения предприятий.
- Ачаков К.А.** Новый способ регенерации трансформаторного масла.
- Хасанов Р.Т.** Машина постоянного тока повышенной эффективности

- Бирюков А.Н.** Имитационное моделирование осредненных периодических графиков электрической нагрузки.
- Данилов И.Б.** Изменение активной и реактивной мощностей при изменении частоты.
- Куприянов С.И.** Анализ надежности воздушных линий электропередач напряжением 6–10, 35, 110 кВ.
- Антонова А.В.** Анализ надежности электроустановок завода ООО «Алнаши Агрохим».
- Панфилов В.С.** Повышение эффективности планирования электропотребления на промышленном предприятии.
- Ахмадуллин С.Р.** Использование методов оптимизации при построении схем электроснабжения на примере «ОАО АСПК».
- Шеварухин А.С., Савинкина О.А.** Особенности и методы прогнозирования электропотребления на объектах бюджетной сферы.
- Ахметов Б.Ф.** Влияние напряжения питания светильников на потребляемую мощность и световую отдачу
- Беляевский Р.В.** О необходимости рационализации эксплуатации трансформаторов в системах электроснабжения промышленных предприятий.
- Гиниятов И.А.** Компенсация реактивной мощности в осветительных сетях.
- Извольский М.А.** Математическое моделирование промышленных генераторов, приводимых паровыми турбинами с промежуточными отборами пара
- Миронова Е.А.** Погрешности определения коэффициента формы в зависимости от вида графика нагрузки.
- Тарасов В.М.** Исследование регулирующего эффекта двигателей постоянного тока, питающихся от тиристорных выпрямителей.
- Баландин Е.В.** Исследование сопротивлений контактных соединений низковольтных аппаратов отечественных и зарубежных производителей.
- Тарасов В.М., Волков А.А.** Исследование переходных режимов синхронных двигателей с переменным моментом на валу, питающихся от промышленной электростанции
- Бикбаева А.М.** Особенности применения светодиодных источников света.
- Ионова Ю.В., Чиркова Ю.А., Тухватуллин М.М.** Исследование влияния конфигурации электрической сети на

динамическую устойчивость генераторов собственных электростанций с учетом динамических характеристик нагрузки.

Бикчурин Т.А. Автоматизированная система управления (выключатели COMPACT NSX).

Булыгин К.А., Даниленкова Е.Ю. К вопросу перехода к цифровым устройствам измерения токов и напряжений в энергетике .

Валиев Р.Ю. Анализ потерь электроэнергии в кабельной линии цеховой сети.

Станьков Д.А. К вопросу создания экономичных эффективно функционирующих распределительных сетей 0,4 кВ

Валишина А.И. Перспективы применения компактных люминесцентных ламп.

Аврамченко А.А., Никитина О.В. Оптимизация системы электроснабжения промышленных предприятий.

Галиев Л.Р. Пуск и самозапуск асинхронных электродвигателей.

Андреев Д.М., Вахитов К.Ш. Повышение надежности и КПД автономной ветроустановки.

Зайнуллин М.З. Анализ и нормирование электропотребления промышленных предприятий с многономенклатурным производством.

Кагарманов М.Д. Энергосберегающие технологии в системе освещения.

Казиханова Л.А. Исследование безэлектродных источников света.

Калимуллова З.Л. Агрегирование норм по уровням планирования

Маснабиева Р.Р. Анализ влияния конденсаторных батарей на статическую устойчивость асинхронных двигателей

Рахматуллин Р.Р. Повышение эффективности систем электроснабжения за счет энергосберегающих технологий

Русских Т.А. Оценка эффективности энергосбережения при установке компенсирующих устройств в различных режимах работы систем электроснабжения

Сараев А.В. Оценка эффективности применения батарей статических конденсаторов на машиностроительном заводе ООО «Молот».

Смирнов А.В. Влияние резонанса на условия работы силовых трансформаторов.

Чикляев М.Е. Влияние эксплуатационных характеристик трансформаторов на их остаточный ресурс

Чикляев М.Е. Определения износа силовых трансформаторов с учетом режима работы

Чурин П.И. Применение силового трансформатора типа ТМГ со специальным встроенным симметрирующим устройством – кратчайший путь к энергосбережению.

Шавалиев Р.Р. Исследование статической устойчивости асинхронных электродвигателей

Шамсутдинов А.И. Внедрение энергосберегающих технологий в системах электроснабжения промышленных предприятий на примере Арского молочного комбината

Шафикова Р.Н. Особенности люминесцентных ламп с различной пускорегулирующей аппаратурой.

Копытова Н.А. Анализ потерь электроэнергии систем цехового электроснабжения.

Идиатулин Р.Ф. Экспериментальные исследования графиков нагрузки на низших ступенях иерархии систем электроснабжения.

Гибадуллин А.А. Энергосбережение в промышленности

Ратов А.С. Увеличение мощности потребителей электроэнергии в распределительной сети низкого напряжения

Бибешко А.А. Компьютерное моделирование компонентов ветроустановки для автономных систем электроснабжения.

Гарипов И.Х. Экспериментальные исследования распространения электромагнитных волн по трехфазным воздушным линиям 10 кВ.

Воробьев К.М. Область уязвимости технических средств при распространении провалов напряжения в распределительных сетях.

Соловьева О.А. Малые реки республики Марий Эл, имеющие энергетическое значение.

Ефремов Н.С. Влияние искажения симметрии синусоидальности на потери электрической энергии.

Макарова Н.Л. Устройство контроля внутренней изоляции силового трансформатора.

Шигаев И.А. Применение суперконденсаторов в качестве накопителя энергии в системе электроснабжения.

Давыдкина Ю.А. Влияние на электромагнитную совместимость сети потребителей электроэнергии с нелинейной характеристикой.

Шевцов С.С. Топливные элементы.

СЕКЦИЯ 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Глушков Е.А. Материалы и установки солнечной фотоэнергетики.

Захарова Е.Ю. Автоматизированная информационно-измерительная система учета электроэнергии и мощности

Свищёва Н.А. Электромагнитная диагностическая модель пазовой изоляции обмотки статора электродвигателя.

Ершова Ю.В. Определение влажности трансформаторных масел методом многочастотной импедансометрии.

Приклонский В.Ю. Пульсации светового потока люминесцентной лампы

Шляпченко А.А. Анализ эксплуатационных проблем сетей постоянного оперативного тока.

Асадуллин А.И. Мобильный экспериментальный комплекс для исследования электромагнитных полей, генерируемых естественными и искусственными источниками

Синицин А.М. Электронный парамагнитный резонанс в галените с примесями Mn, Ni, V, Ag и Cr

Сафаров И.М. Блок питания магнита для спектрометра электронного парамагнитного резонанса

Зайнуллин Р.Р. Структура и магнитные свойства примесных центров кобальта в полупроводниковых кристаллах $Cd_{1-x}Ga_xF_2:Co$

Коростелёв В.С. Современное состояние солнечной энергетики.

Исмагилов И.Р., Хасанов А.А. Лазерно-акустический контроль поверхностей металлов методом трансформации акустических волн на приповерхностных дефектах.

Видинеев А.В. Применение современных IGBT-структур в матричных преобразователях переменного тока.

Иванов Д.А. Подключение осциллографа TDS 1002 фирмы Tektronix к компьютеру.

Сулейманова Р.Р. Модернизация установки для исследования акустооптических процессов.

Зиннуров Ш.Р., Шайгарданов Б.И. Метод многочастотного

анализа фальсификации молока.

Абзалов Р.В., Акберов И.З., Ахметшин Р.Ф., Возяков А.С. Разработка виртуальных лабораторных работ по электротехнике средствами среды графического программирования Electronics Workbench.

Гатауллин Р.С., Закиров И.И., Умылин Р.С. Выполнение расчетно-графических работ по электротехнике в компьютерных средах Mathcad, Electronics Workbench.

Гончаров А.М. Аппарат защиты от аномальных напряжений сети.

Пири Д.Е. Разработка аппаратно-программного комплекса контроля качества электроэнергии.

Гиззатуллина И.И. Разработка прибора экспресс-контроля влагосодержания трансформаторных масел.

Галиуллин И.И., Шайхутдинов З.К., Шарапов И.С., Шляхтин А.Д. Разработка комплекта интеллектуальных измерительных приборов на основе технологии виртуальных приборов LabView.

Галиуллин И.Р. Аппарат защиты электродвигателя от перегрузок.

Садыков А.И. Корректор коэффициента мощности.

Калала Б.Т. Разработка программно-аппаратного комплекса диагностирования электродвигателей по параметрам токового сигнала.

Маркеш С.Т. Аппарат контроля изоляции и защиты электродвигателей от неполнофазного режима.

Фаткуллин А.И. Многочастотный импедансометрический метод экспресс-анализа увлажнения изоляции асинхронных двигателей.

Фаррахов А.И. Разработка машинного алгоритма синтеза программ локализации места пониженного сопротивления изоляции цепей постоянного оперативного тока.

Гарафутдинов Т.Т. Цифровой терморегулятор.

Аксаков Д.Р., Игонин Д.А. Моделирование устройства для измерения коэффициента гармоник в среде Electronics Workbench.

Игонин Д.А., Аксаков Д.Р. Исследование влияния фильтро-компенсирующих устройств на коэффициент гармоник при переменном несинусоидальном напряжении в среде Electronics Workbench.

Бисвас Камалеш. Анализ влияющих факторов оптической сварки.

Насырова Д.А. Аксиоматический метод в основе выбора электрических аппаратов электроснабжения строительных площадок.

Орешин Д.И. Проблемы надежности импульсных источников вторичного питания.

Нанжемба Е.Т. Проектирование контроллера для солнечной батареи.

Баширова А.Б., Шарафиев А.Ф. Способ и устройство формирования широкополосной случайной вибрации с использованием частотно-модулированных фильтров.

Газизов Л.Ф. Исследование параметров вибрации электродвигателя.

Гусев Д.В. Разработка лабораторного диагностического комплекса для исследования вибраций электродвигателя.

Карпов А.П. Создание комплекса программ для проектирования и отладки управляющих устройств на микроконтроллере MC68HC908GP32 семейства Motorola.

Васильев А.В. Разработка устройств отображения информации на основе восьми разрядных микроконтроллеров фирмы семейства Motorola.

Демьянович Д.Н. Стабилизированный преобразователь постоянного напряжения с нечетким ПИ-регулятором.

Ерепов А.Е. Исследование электромагнитной совместимости источников бесперебойного питания в системе электроснабжения вычислительного центра с помощью моделирования в среде Matlab-Simulink.

Шагидуллин А.В. Исследование характеристик надежности низковольтных аппаратов.

Евсеев Б.В. Эффективность внедрения энергосберегающего оборудования.

Танаев А.В., Климов А.Т., Шишков Е.М., Чугунов С.Н. Методы оценки динамических свойств источников питания.

Долганов Г.И. Оценка энергетической освещенности поверхности и влияния внешних факторов на КПД солнечной батареи.

Нугуманова А.Ф. Повышение коммутационной способности разъединителей.

- Гильманов Б.Б.** Использование устройств плавного пуска двигателей в промышленности.
- Хатыпов И.Ф.** Применение конденсаторных установок (установок компенсации реактивной мощности) для энергосбережения.
- Золотов В.О.** Диагностика и повышение энергоэффективности асинхронных и синхронных двигателей.
- Ямалетдинов Э.Ф.** Использование частотно-регулируемых приводов в жилищно-коммунальном хозяйстве.
- Гаврилов П.Г., Рыжкова Н.Ю.** Ускоренные испытания низковольтной аппаратуры на надежность – один из факторов энергосбережения.
- Зверев С.А., Климов А.Т., Чугунов С.Н.** Анализ динамических свойств сварочного трансформатора
- Васькина А.А., Рыжкова Н.Ю.** Анализ и совершенствование модуля дискретных входов терминала релейной защиты и автоматики в области электромагнитной совместимости.
- Евдокимов Л.И.** Система контроля диэлектрических элементов высоковольтного электрооборудования, основанная на регистрации частичных разрядов.

СЕКЦИЯ 6. СВЕТОТЕХНИКА, МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Иванова В.Р.** Уровень вариабельности напряжения на светодиодах при последовательном их соединении и питании стабилизированным током.
- Алхамсс Я.Ш., Иванова В.Р., Константинов А.Н.** Определение прямого предельного напряжения тепловой деградации и электропробоя маломощных светодиодов.
- Ануфриева А.С.** Негативное влияние пульсаций разных источников света на человека
- Мунасипов А.Г., Киямутдинова А.Р., Минеева Л.П.** Оценка уровня энергосбережения при питании люминесцентных ламп пониженным напряжением.
- Зиятдинова Г.Н.** Применение амплитудного модулятора в приборе низкочастотной физиотерапии типа «Амплипульс».
- Борисов С.И.** Компактные люминесцентные лампы с

- защитными покрытиями.
- Насыров С.Ф.** Электронные устройства коррекции слуха.
- Волков С.В.** Светодиодная лампа - как альтернатива люминесцентным лампам.
- Гафарова Л.И., Мазитова А.А., Насибуллина Р.Ж.** Проблема алкоголизма в современном мире.
- Митрофанов Д.М.** Пульты дистанционного управления инфракрасного диапазона.
- Фарзиев Р.Н., Хабибуллина Р.Р.** Влияние пивного алкоголизма на организм человека.
- Мухаев Р.Р.** Применение металлизированных слоев в источниках оптического излучения для терапии различных заболеваний.
- Корюков Н.В.** Основные тенденции и перспективы развития светотехнической отрасли Российской Федерации.
- Никитина О.В.** Светодиоды в осветительных установках.
- Абзалилова А.А., Гареев А.Ш.** Аудиометрический контроль для медицинских осмотров.
- Медведева А.А.** Математическое описание осветительной системы со светодиодами различной цветности.
- Пантелеева Н.С.** Цветовые акценты в цветоцветовой среде офисных помещений.
- Пантелеева Н.С.** Исследование влияния цветоцветовой среды офисных помещений на работу сотрудников.
- Карташова А.А., Левин И.С., Кубрик Я.Ю.** Проблемы определения формальдегида в воде с помощью различных методов.
- Василяшко О.Е.** Влияние спектров источников света на колориметрические параметры слабонасыщенных прозрачных образцов.
- Ильина О.В., Карташова А.А., Танеева А.В.** Органические производные мышьяка в качестве неподвижной фазы для газохроматографического разделения.
- Хайруллин А.Г., Карташова А.А.** Совершенствование газохроматографических методик определения примесных соединений.
- Макаров А.Н., Хайруллин Р.Р., Тимонин В.В.** Совершенствование методов анализа газообразного топлива и

продуктов его горения.
Фисенко М.П. Способ контроля изоляции маслонаполненных трансформаторов для безопасной их эксплуатации.

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ»

Сафин А.Р. Экспериментальное исследование периодических режимов второго рода системы импульсно-фазовой синхронизации с неравномерной выборкой.

Асташкин Р.М. Актуальные вопросы и современные методы решения вопросов компенсации реактивной мощности

Самитова Г.Т., Гайсин А.Ф. Экспериментальное исследование электрического разряда в трубке с электролитом при атмосферном давлении.

Аухадиев М.А. Построение структуры биалгебры на алгебре Теплица.

Сафин А.Р., Фоломеева Н.А. Система стабилизации частоты спигового наногенератора.

Дворцов А.В. Анализ термической стойкости экранов силовых кабелей при внутренних коротких замыканиях.

Яблонский Г.П., Гурский А.Л., Луценко Е.В., Гавриленко А.Н. Люминесценция эпитаксиальных слоев селенида цинка при высоких уровнях оптического возбуждения.

Наумов Б.А. Диагностика высоковольтного оборудования с применением метода частичных разрядов.

Низамов И.И. Эффект близости в наноструктурах «ферромагнетик/сверхпроводник».

Севастьянов И.Г. Прибор для детектирования мозговых ритмов человека на основе Lab View

Севастьянов М.Г., Еськин В.А. Изучение оптических свойств светочувствительной плёнки As_2Se_3

Шмидт С.В., Шмидт Е.В. Ядерные квадрупольные взаимодействия в полупроводниковых соединениях со структурой халькопирита.

Шульгин Д.А. Исследование перспективных термоэлектрических материалов методами ядерно-магнитного резонанса