

## **НАПРАВЛЕНИЕ: ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ**

### **СЕКЦИЯ 1. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

УДК 620.91

#### **ВАРИАНТ РАСШИРЕНИЯ МОЩНОСТИ МУТНОВСКОЙ ГЕОЭС**

Н.А. БАБУШКИН, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Развитие нетрадиционной энергетики в России – это увеличение научных исследований и разработок в данной области, а главное, успешное развитие экономики государства в условиях современности.

Наша страна обладает многими видами нетрадиционных ресурсов. Освоение геотермальной энергии началось еще в Советском Союзе. В данное время, на уже работающей Мутновской ГеоЭС, планируется расширение производства энергии за счет строительства новых мощностей.

В работе рассматривалось два принципиальных варианта схем ГеоЭС с использованием: бинарного цикла и одноконтурной схемы.

Применение бинарных установок повлечет за собой увеличение себестоимости электрической энергии, достаточно дорогостоящее строительство и монтаж оборудования, а также большое загрязнение окружающей среды опасными хладагентами. Поэтому в рамках проекта рассмотрен альтернативный вариант расширения станции – без использования бинарного цикла.

Состав основного технологического оборудования МГеоЭС включает в себя оборудование системы подготовки пара:

- расширитель сепарата;
- сепаратор пара с промывкой пара;
- турбогенераторы;
- конденсационные установки.

В соответствии с разработанной принципиальной схемой сепарат от действующей МГеоЭС поступает в расширитель, где при пониженном

давлении (около 0,2 МПа) происходит парообразование и первичное разделение паровой и жидкой фаз.

Образовавшийся при вскипании так называемый «вторичный» пар после расширителя направляется для промывки чистым конденсатом и окончательной осушки в сепаратор второй ступени, а затем в паровую турбину. Из турбины отработанный пар направляется в конденсационную установку, где конденсируется. Далее конденсат пара насосами закачивается в скважины реинжекции.

УДК 51-74; 62-65; 621.548

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ НАГРЕВАТЕЛЕМ ИНДУКТОРНОГО ТИПА**

А.В. БИЧКОВ, КГТУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.Ф. КРОПАЧЕВ;

канд. техн. наук, доц. А.В. ИВАНОВ

Для сохранения экологии и снижения затрат на обеспечение топливом автономных объектов, расположенных в зоне децентрализованного энергоснабжения, перспективно применение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Для северных и северо-восточных регионов нашей страны, обладающих значительными запасами энергии ветра и при этом испытывающих острую потребность в тепле, актуально применение ветроэлектрической установки (ВЭУ) с электромеханическим нагревателем (ЭМН) индукторного типа.

С целью описания физической сущности основных процессов и определения наиболее оптимальных режимов работы ВЭУ с ЭМН разработана математическая модель (ММ).

При описании ММ структура ВЭУ с ЭМН представляется в виде двух основных элементов: ветродвигатель (ВД) и ЭМН. Входной величиной для ВД является скорость ветра. Механическая энергия ВД посредством ЭМН преобразуется в тепло.

Непостоянство ветра упрощённо учитывается периодической функцией изменения его скорости относительно среднего значения. Описание ВД представлено уравнением аппроксимации его аэродинамической характеристики. ММ ЭМН индукторного типа во многом аналогична ММ неявнополюсного синхронного генератора и имеет вид общеизвестных

дифференциальных уравнений электромеханического преобразования энергии. Электронагрев определяется электрической схемой замещения якоря ЭМН, представляющего собой систему с распределенными параметрами активно-индуктивного характера.

Полученная система уравнений, описывающая скорость ветра, ВД, ЭМН и уравнения взаимосвязи между ними позволяют провести анализ электромеханических и электромагнитных процессов ВЭУ с ЭМН индукторного типа и определить наиболее оптимальные режимы её работы.

УДК 628.169.7:678

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ: ФЕНОЛЬНОЙ СМОЛЫ И ПОЛИМЕРНОЙ МАССЫ**

А.Ю. ВАСИЛЬЕВА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Э.Р. БАРИЕВА

Проблема утилизации промышленных отходов в нашей стране стоит крайне остро.

Рассматриваемые отходы – фенольная смола и полимерная масса образуются на предприятиях химической промышленности и имеют достаточно сложный состав. Чаще всего такие отходы либо продаются по очень низким ценам, что не выгодно предприятиям, либо передаются на утилизацию сторонним организациям, что также приводит к дополнительным расходам.

Современные технологии позволяют получать полезные продукты из этих отходов либо утилизировать их на территории предприятия в специальных малогабаритных установках.

Методов утилизации фенольной смолы достаточно много, но реально применимыми в промышленных условиях являются несколько. Например: термкрекинг, огневое обезвреживание, каталитическое гидрирование, термическое уничтожение отходов в различного рода печах.

Термкрекинг проводится в реакторе колонного типа при температуре 310-340 °С и давлении 2 атм. В результате образуются фенол, а-метилстирол и ацетофенон.

Огневое обезвреживание представляет собой процесс использования отхода в качестве топлива.

Каталитическое гидрирование проводится при повышенном давлении и избытке водородосодержащего газа, в результате образуются фенол и кумол.

Термическое уничтожение – это процесс сжигания отходов в малогабаритных установках с минимальным расходом топлива и современной очисткой отходящих газов. Данный метод используется также для утилизации полимерной массы.

УДК 621.91.01

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СПОСОБЫ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ С ИМПУЛЬСНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ**

Л.М. ЖАКСЫБАЙ, Ш. МУСАГУЛОВ, Н.К. АРАПОВА,  
КарГТУ, г. Караганда

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. К.Т. ШЕРОВ; преп. К.И. ИМАШЕВА

Необходимость приоритетного развития отраслей экономики Казахстана, вытекающая из сложившейся экономической ситуации, требуют широкого использования металлов со специальными свойствами, которые, в большинстве своем, отличаются низким коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  и высокой температурой плавления  $T_{пл}$ . Практическая реализация процесса термофрикционной обработки (ТФО) таких материалов требует больших капитальных затрат на оборудование, так как шпиндель станка должен иметь частоту вращения более чем 10000 об/мин, что соответственно увеличивает требования к виброустойчивости. Осуществление ТФО по традиционному способу связано с необходимостью достижения линейной скорости на периферии инструмента 100 м/с и более. При этом величина скорости скольжения на контакте периферии диска трения – обрабатываемый материал должна обеспечивать условие полного разупрочнения последнего.

Следовательно, чем выше температура плавления отрезаемого материала, тем больше должна быть скорость скольжения в контакте. Нами запатентованы новые способы (Способ резки металлических заготовок. Патент № 2738 UZ; Дисковая пила трения. Патент № 2957 UZ; Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения. Инновационный патент № 22998 РК) термофрикционной обработки на малых скоростях. Сравнения с традиционными способами обработки показывают, что использование рассматриваемого снижает расходы на оборудование в 3–5 раз за счет возможности реализации на упрощенных станках ( $n_{шп} < 3000$  об/мин), увеличивает стойкость инструмента в 10–30 раз.

Предлагаемые в работе способы ТФО опираются на иной механизм резания. Сущность его заключается в локализации теплового и

деформационного поля в заготовке, что позволяет перевести внешнее трение между инструментом и отрезаемым материалом во внутреннее. В этом случае трение происходит между слоями отрезаемого материала. Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- обработка вышеуказанными способами обеспечивает удовлетворительные показатели качества;

- более твердый слой в зоне пластической деформации, как правило, находится на расстоянии 0,3–0,6 мм, которое изменяется в зависимости от режимов и свойств обрабатываемого материала.

УДК 628.3

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

А.И. ЗАДИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Я. МАВЛЮТОВ

Применение нанесения гальванопокрытий различных химических веществ – щелочей, кислот – делает производство небезопасным для человека и окружающей среды. Проблема попадания тяжелых металлов приводит к необратимым генетическим изменениям. Решением проблемы охраны окружающей среды является разработка и внедрение малоотходных технологий, замена устаревших процессов новыми, повышение качества очистки сточных вод, создание замкнутых циклов водоочистки.

Целью настоящей работы является изучение методов очистки сточных вод гальванического производства.

Известно большое количество методов извлечения цветных металлов из сточных вод гальванопроизводства. Наиболее используемые методы подразделяются на:

- реагентные;
- электрохимические;
- комбинированные.

Наиболее распространенным методом является реагентный метод, заключающийся в переводе растворимых веществ в нерастворимые при добавлении различных реагентов с последующим отделением их в виде осадков.

Электрокоагуляционный метод. Он наиболее пригоден для выделения хрома. Сущность метода заключается в восстановлении Cr(VI) до Cr(III) в

процессе электролиза с использованием растворимых стальных электродов. При прохождении растворов через межэлектродное пространство происходит электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом.

УДК 628.316

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ВАСИЛЬЕВСКОГО ЖКХ**

З.А. ИБРАГИМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Я. МАВЛЮТОВ

Современные системы очистки сточных вод позволяют не только очищать стоки до уровня, соответствующего стандартам, но и улучшать некоторые полезные качества воды. Также очищенную воду можно использовать повторно в технических целях. В процессе биологической очистки стоков концентрация фосфора в сточной воде снижается, однако, как показывает практика водоочистки, содержание фосфора в сточной воде после биологической очистки составляет 1,0-3,0 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает значения ПДК по фосфору для выпуска очищенных сточных вод в поверхностные водоемы в 2–5 раз. Для снижения содержания фосфора в очищенных сточных водах предусматривают дополнительные мероприятия, которые реализуют на стадии биологической очистки стоков.

Актуальность данной работы заключается в том, что очистка сточных производственных вод является одним из важнейших направлений по сохранению благоприятной экологической обстановки в регионе.

Целью данной работы является составление рекомендаций по снижению фосфора в очищенной воде на Васильевском ЖКХ.

Поставленная цель достигается путем решения следующих задач: анализ современной литературы в данной области; анализ существующей экологической ситуации на предприятии; разработка мероприятий по улучшению экологической ситуации на предприятии; оценка экономического эффекта от осуществления разработанных мероприятий.

В результате проведенного литературного обзора, анализа существующей технологии очистки, анализа состава сточных вод до и после очистки был выбран путь очистки сточной воды от фосфорсодержащих соединений методом введения в аэротенк сульфата железа(2+), что приводит

к осаждению осадка, содержащего фосфор органического соединения. После использования которого степень очистки повысится до 95 %. В результате использования предложенной технологии снижения по фосфору в составе снизилось в 4 раза. Снижение содержания фосфора и других элементов приводит к уменьшению платы за негативное воздействие на ОС. Платежи за сбросы уменьшаются на 221634 руб. Окупаемость нашего предложения составляет 2,5 года, что является оптимальным для нашего предприятия.

УДК 628.3

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ УДМУРТИИ**

Г.Р. КАБИРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. С.С. АРХИПОВА

Для молочных предприятий актуальной является задача разработки решений по очистке сточных вод для соблюдения экологических нормативов, устанавливаемых контролирующими органами, и снижения штрафов.

Целью работы является разработка технического решения для очистки производственных сточных вод молочного предприятия до установленных нормативов.

В результате технологического процесса на предприятии образуются сточные воды, содержащие жиры, взвешенные вещества и органические соединения, после чего они поступают на очистку в отстойник, далее сбрасываются в городской канализационный коллектор, за что предприятие платит большие штрафы.

Для того чтобы очистить сточную воду до установленных нормативов и сократить платежи, предложено усовершенствование системы очистки - установка дополнительного очистного оборудования: после первичного отстойника поставить жируловитель, где происходит осаждение взвешенных веществ и отделение частиц жира от воды в результате разницы их удельных плотностей, во второй камере жироловки происходит окончательное осветление сточной воды, осадок и жировой слой удаляются из трубы, очищенные стоки направляются на биологическое очистное сооружение – аэротенк, и далее вторичный отстойник.

В результате проведения природоохранного мероприятия сточные воды очистятся до установленных нормативов. Эффективность от его проведения составляет 1316000 рублей. Капитальные затраты равны 517 080 руб. Следовательно, срок окупаемости составит 5 месяцев.

Таким образом, разработанное техническое решение для молочного предприятия является экономически и экологически целесообразным.

УДК 661.9

## **МЕТОДЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ В ЦЕХЕ ПРОИЗВОДСТВА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ**

Л.О. КОРОЛЁВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. С.С. АРХИПОВА

Проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов приобрела в настоящее время глобальный характер.

В комплексе задач по охране природы одной из проблем является охрана воздушного бассейна, для осуществления которой предусматривается дальнейшее развитие и создание новых методов средств борьбы с выбросами вредных веществ в атмосферу, расширение и усовершенствование специализированных производств по выпуску оборудования, необходимого для сооружения и эксплуатации на предприятиях высокоэффективных очистных сооружений.

Технологический процесс на участке проходит в несколько этапов: 1) поступление газообразного аммиака; 2) нейтрализация азотной кислоты газообразным аммиаком; 3) упаривание полученного раствора аммиачной селитры; 4) гранулирование продукта. Вредные выбросы: аммиак, нитрат аммония. От грануляционного оборудования воздух направляется в скруббер, проходит очистку и затем проходит доочистку в рукавном фильтре.

По действующему техническому процессу происходит недостаточная очистка в связи с износом оборудования, что приводит к экономическому ущербу, а также к загрязнению атмосферы.

Предлагается установка в мокрый пылеуловитель дополнительной центробежно-струйной форсунки, чтобы увеличить количество распылённой жидкости и, следовательно, повысить эффективность очистки. Так как форсунки имеют свойство быстро изнашиваться и требуют постоянного контроля и замены их на новые. Основное преимущество центробежно-



струйных форсунок заключается в увеличении эффективности очистки дымовых газов (на 21,3 %), в связи с этим уменьшаются платежи за выбросы.  
УДК 658.26:621.365

## **О ПЕРСПЕКТИВНОМ НЕТРАДИЦИОННОМ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУРОВЫХ РАБОТ НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ**

В.А. КОСЬЯНОВ, А.М. СОЛОВЬЕВ, РГГРУ им. Серго Орджоникидзе,  
г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.М. ЛИМИТОВСКИЙ

Характерные особенности энергообеспечения геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые: необходимость ведения работ в отдаленных районах на собственной энергетической основе, высокая энергоемкость бурения, потребность как в электрической, так и в тепловой энергии. Причем тепловая нагрузка нередко является преобладающей.

Традиционно для таких условий энергоисточником, как правило, является ДЭС и металлические нагревательные печи с низким КПД и высокими затратами на энергию. Решением энергетической проблемы для таких условий во многом может стать освоение рекомендуемого нами энерготехнологического комплекса бурения (ЭТКБ). Основные узлы комплекса прошли успешные промышленные испытания в экстремальных условиях севера и показали отличные результаты: КПД энергоустановки возрос вдвое.

ЭТКБ включают в себя буровую установку, дизельную установку, утилизатор тепла с воздушным теплоносителем для обогрева здания буровой установки, утилизатор тепла зумпфа для подогрева промывочной жидкости, а также возможно использование аккумуляторной батареи совместно с ветроагрегатом и/или блоком солнечных батарей.

Освоение ЭТКБ позволяет:

- сохраняя маневренность, практически отказаться в большинстве случаев от самоходных установок на базе ДВС, а это означает повсеместное использование в бурении высокоэффективного плавнорегулируемого электропривода;

- обеспечить комплексное электро- и теплоснабжение при максимальном КПД установки;

- исключить необходимость замены системы энергоснабжения при смене стадийности производства разведочных работ;

- сократить при выборе число возможных вариантов энергоснабжения технологических потребителей;
- использовать вырабатываемую электроэнергию на обогрев, так как КПД энергоустановки в данном случае является высоким;
- существенно снизить значения уровней предельных расстояний, т.е. экономически обоснованных расстояний присоединения к региональным ЛЭП.

УДК 628.3

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ПРОМЛИВНЕВЫХ СТОКОВ ТЭС**

А.Ю. КРИВОШЕЕВА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ГОЛУБЕВ

Основной проблемой исследуемого предприятия является превышенное содержание загрязняющих веществ в сбрасываемых водах. Основной объем из всех поступающих на очистные сооружения сообщества сточных вод составляют производственные сточные воды, которые при этом содержат наибольшие концентрации загрязняющих веществ.

Целью данного проекта является снижение концентрации загрязняющих веществ в производственных сточных водах, что, тем самым, позволяет значительно сократить плату за неорганизованный сброс загрязняющих веществ.

Для обеспечения сбора и очистки поверхностных стоков со всей территории ТЭЦ и отделения производственной канализации с направлением их на очистные сооружения предлагаю строительство в 2 очереди:

1 очередь – строительство локальных очистных сооружений производственных сточных вод;

2 очередь – реконструкция сетей дождевой канализации со строительством локальных очистных сооружений.

Внедрение очистных сооружений позволит сократить объем водопотребления водных ресурсов и водоотведения с повторным использованием очищенных вод на собственные нужды предприятия.

Полученные концентрации загрязнений в очищенной воде отвечают нормативным требованиям.

УДК 628.169.7

## **ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВ ХИМВОДООЧИСТКИ ТЭЦ**

Т.И. ОСИПЧЕНКО, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Ш.Я. МАВЛЮТОВ

Шламовые стоки, образующие в результате эксплуатации промышленных объектов, являются одним из наиболее вредных источников загрязнения окружающей среды. В связи с этим при очистке шламовых стоков обработка образующихся шламов представляется наиболее актуальным аспектом.

Химический состав шламов весьма разнообразен и определяется составом и способами нейтрализации кислых общезаводских стоков, поступающих на станции обезвреживания отходов.

Компонентный состав рассматриваемого шлама:  $H_2O$  - 1 %,  $Al_2O_3$  - 3 %,  $Fe_2O_3$  - 8 %,  $SiO_2$  - 17 %,  $CaO$  - 27 %,  $CaCO_3$  - 8 %,  $MgO$  - 9 %,  $MgCO_3$  - 10 %, неидентифицируемая часть - 17 %.

При разработке технологии утилизации шлама химводоподготовки ТЭЦ рассматривались традиционные способы получения вяжущих веществ аналогичного состава. Наиболее близким по технической сущности является способ производства вяжущих веществ на базе карбонатного сырья, в основном карбоната кальция  $CaCO_3$ , основанный на технологии обжига при 1000–1200 °С. По данной технологии получают строительную известь.

Примером использования в качестве карбонатного сырья отходов является производство силикатного кирпича из извести, полученной из шлама осветлителей химических цехов, полученного после осветления и частичной очистки воды известковым молоком и сернокислым железом, а также из шлама, доставленного со шламоотвала ТЭЦ.

После изучения физико-механических свойств шлама ХВО с позиции влияния на окружающую среду и проявления вяжущих свойств было теоретически обосновано решение экологической проблемы, связанной с образованием и хранением шламов. Разработанная технология экологически безопасной утилизации шлама позволяет полностью использовать отход производства с минимальным ущербом для окружающей среды и получением вяжущего вещества для производства строительных материалов.

УДК 628.316:665

## **СИСТЕМА УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «БАВЛИНСКОЕ УТТ»**

А.Ю. ПОДАВАЛОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. асс. В.В. КИСЕЛЕВ

Основной деятельностью предприятия ООО «Бавлинское УТТ» является обслуживание транспортом нефтегазодобывающих и промышленных предприятий. Стоки с автомойки и поверхностных сточных вод с территории предприятия проходят очистку в блочно-модульной установке, разделенной по режиму и предназначенной для очистки сточных вод от механических примесей, агрегатированной взвеси и нефтепродуктов. Стоки с автомойки очищаются на трех ступенях локального очистного сооружения: блок грубой очистки, блок электрофлотации, блок универсальный. Воды с поверхностного стока предприятия очищаются на четырех ступенях параллельного локального очистного сооружения с добавлением четвертой ступени – напорных угольных фильтров. Вода под давлением поступает в два последовательных открытых гидроциклона, далее два слива объединяются и поступают в полочный отстойник, затем проходят фильтрмодуль, и через гидрозатвор предварительно очищенная вода поступает на вторую ступень очистки. Здесь осуществляется очистка мелкопузырчатой флотацией и тонкой фильтрацией - сорбцией. Очищенная в трех ступенях вода самотеком перетекает в промежуточные емкости чистой воды, и очищенная вода насосом вновь поступает на автомойку.

Из анализа воды блочно-модульной установки была проведена замена обычных напорных гидроциклонов на напорные двухпродуктовые гидроциклоны, по разработке «НИИ Нефтепромхим» г. Казань. В модернизированных гидроциклонах добавлено второе входное отверстие с тангенциальным патрубком, симметрично первому существующему гидроциклону. Конусная часть корпуса прямого усеченного конуса заменена на эллиптическое гидродинамически заданное. Это позволяет организовать в корпусе гидроциклона закрученный поток более равномерный, менее зависимый от точности изготовления гидроциклона, что повышает эффект разделения очистки в нем. Настоящая работа является эффективной с точки зрения технологии, лежащей в основе деятельности предприятия. По

технико-экономическим расчетам срок окупаемости модернизации составил три года.

УДК 628.29

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ФИЛИАЛЕ ОАО «ВАМИН» «КАЗАНСКИЙ МОЛОЧНЫЙ КОМБИНАТ»**

И.А. РУБЦОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. геогр. наук, доц. Р.Н. АПКИН

Осуществление деятельности предприятия влечет за собой определенное отрицательное воздействие на окружающую среду. Воздействию подвергаются основные компоненты окружающей среды.

На молочном комбинате образуются следующие типы сточных вод, которые требуют немедленного удаления с территории предприятия: дождевые и талые воды, воды с автомойки и производственные воды. Расход сточных вод определен расчетным путем и составлен для предприятий, имеющих площадь территории 11,78 га.

В ходе исследования были рассмотрены следующие характеристики стоков: наименование и состав, их содержание и количество. Также ПДС и место выпуска стоков, концентрация загрязнений в очищенной воде, а именно взвешенных веществ: нефтепродукты, БПКп. Соответственно их содержание составляет 2200, 11,5 и 160 т/м<sup>3</sup>. Общее количество стоков составило 72 м<sup>3</sup>/ч.

В ходе литературного обзора, где рассматривались механические, химические, физико-химические, биологические методы очистки сточных вод, мною предлагается механический способ очистки сточных вод, а именно установка очистки поверхностных сточных вод – механический фильтр с сорбционной загрузкой, которая обеспечивает очистку сточных вод на 98 %.

Рассчитав размер платы до и после модернизации очистных сооружений, можно рассчитать разницу в платежах, которая будет являться ежегодной экономией денежных средств за сброс загрязняющих веществ в водные объекты, и экономия составила 643 512 руб/год. Срок окупаемости данного мероприятия 1 год 2 месяца.

УДК 628.29

**ВНЕДРЕНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ  
ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ПРЕДПРИЯТИИ  
ОАО «КЗГА – ВЕСТА»**

Р.С. САЛМИН, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. геог. наук, доц. Р.Н. АПКИН

Для обеспечения охраны водных ресурсов и почвы от засорения, загрязнения и истощения предлагаются следующие мероприятия:

- отведение поверхностных вод производить по спланированной поверхности асфальтобетонного покрытия в сеть ливневой канализации;
- отвод стоков на очистные сооружения производить через приемные лотки и дождеприемники;
- сбор стоков производить в существующий подземный резервуар;
- очистку уловленных загрязненных стоков производить с использованием установки заводского изготовления ЛИКА-5П.

Весь объем очищенной сточной воды сбрасывается в сеть городской ливневой канализации либо используется на технические нужды предприятия.

УДК 621.316: 636.085

**ОЧИСТКА ЖИРОВЫХ СТОКОВ НА МОЛОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

А.М. САХАБУТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. биол. наук, ст. преп. С.С. АРХИПОВА

В процессе производства молочных продуктов на молочных предприятиях образуется ряд отходов. Среди них можно выделить смывные воды технологического оборудования и конденсаты вторичных паров, компонентами которых являются молочный белок, жир и лактоза. Чаще всего эти отходы сбрасывают в канализацию.

Основными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, концентрация которых составляет 72,27 мг/л, и жиры, а их концентрация составляет 124,64 мг/л.

С целью снижения концентрации загрязняющих веществ до норм, допускающих сброс сточных вод на очистные сооружения, промышленные стоки предприятия должны быть подвергнуты локальной очистке.

Для решения задачи снижения предприятием нагрузки на окружающую среду выбран физико-химический метод. Предложено использовать на первой стадии очистки жироловушитель, а на второй стадии флотатор.

В результате расчетов эффективность работы жироловушки составляет 70 %, здесь концентрация жиров снижается со 100 до 30 мг/л. А эффективность работы флотатора составит 96–97 %, концентрация жиров здесь снизится с 30 до 8 мг/л.

Приведено эколого-экономическое обоснование использования предлагаемого очистного сооружения; таким образом, на основании расчетов можно сделать следующие выводы:

- основной экономический эффект (ежегодная экономия платежей за сброс загрязняющих веществ) составит 3180568,736 руб./год;
- капитальные затраты составляют 3450000 руб.;
- дополнительный экономический эффект (экономия воды за счёт использования оборотного водоснабжения) составляет 10901,25 руб./год.

Срок окупаемости оборудования составляет примерно 1 год.

Вывод: предложенная локальная очистка сточных вод обеспечивает снижение концентраций загрязняющих веществ до величин, меньших, чем ПДК.

УДК 662.75

## **ПЕРЕРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ В УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СМЕСИ**

А.З. ХАЛИТОВ, КГТУ, г. Казань

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

В настоящее время во всем мире становится актуальным использование альтернативных источников энергии. Несмотря на колоссальные объемы невостробованной биомассы, она значительно рассеяна и имеет низкую энергетическую плотность. Поэтому сбор, транспортировка и переработка биомассы на крупных предприятиях является в большинстве случаев экономически не целесообразной. Предлагаемая концепция состоит в двухстадийной переработке возобновляемого сырья: на первом этапе осуществляется децентрализованная переработка биомассы в жидкость с

помощью технологии быстрого пиролиза; а на втором этапе осуществляется сбор, транспортировка и переработка полученной жидкости в углеводородные смеси. Процесс быстрого пиролиза заключается в термическом разложении органических соединений биомассы в отсутствие окислителя, в результате чего образуются преимущественно жидкие продукты с выходом до 75 % масс. Жидкие продукты пиролиза представляют собой однородную коричневую жидкость, обладающую запахом дыма, имеют плотность 1100–1200 кг/м<sup>3</sup>, растворимы в воде и спиртах и получили название бионефть. Теплота сгорания бионефти составляет 16–20 мдж/кг, и она состоит в основном из смеси высокоокисленных углеводородов, представленных низшими органическими кислотами, спиртами, кетонами, замещенными фенолами и другими соединениями. По ряду объективных причин (высокая коксуемость, кислотность, нестабильный состав, высокое содержание кислорода (30–45 %)) бионефть не может использоваться в качестве моторного топлива и сырья для многих производств. Однако деоксигенация бионефти и переработка методами нефтехимии (гидроочистка, гидрокрекинг) позволяет получить жидкие углеводородные смеси с низким содержанием серы и фосфора, которые могут быть интегрированы в качестве возобновляемого сырья в химический комплекс. Теоретический выход углеводородной смеси по данной схеме переработки составляет 42 % от исходной массы бионефти, что в пересчете на исходную массу биомассы составляет 31,5 %.

УДК 628.3

## **МЕТОД УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КАК АЛЬТЕРНАТИВА ХЛОРИРОВАНИЮ НА МУП «ВОДОКАНАЛ», г. КАЗАНЬ**

Н.Т. ЯГАФАРОВА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. геогр. наук, доц. Р.Н. АПКИН

В настоящее время многие водоемы мира из-за загрязнения утратили свое значение как источники рыбохозяйственного и санитарно-бытового водопользования. Проблема охраны окружающей среды требует ускоренного внедрения высокоэффективных систем защиты водоемов от загрязнений.

Сточные воды являются источником различных заболеваний и распространения эпидемий, а также источником загрязнения окружающей природной среды. Поэтому очень важно все сточные воды целенаправленно



отводить, а главное, очищать, чтобы устранить все негативные последствия от воздействия сточных вод. По данным ВОЗ, до 80 % заболеваний передается водным путем, и с ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду актуальность возведения барьера на пути их распространения возрастает. Средством предотвращения распространения инфекционных болезней и защиты поверхностных и подземных водоемов от заражения является обеззараживание сточных вод.

Я предлагаю внедрить на очистных сооружениях города Казани ультрафиолетовую установку обеззараживания воды ОДВ-3200ЛА.

В результате анализа экономического обоснования проектируемых очистных сооружений БОС города Казани можно сделать следующие выводы:

1. себестоимость 1 м<sup>3</sup> очищенной воды уменьшилась на 4,5 %;
2. установка модуля ультрафиолетового обеззараживания позволит избежать возможных проблем с поставками раствора гипохлорита натрия;
3. замена хлорирования на ультрафиолетовое обеззараживание позволяет исключить образование опасных хлорорганических соединений и тем самым снизить экологический ущерб реке Волга.

Опыт многочисленных НИР и ОКР, многолетний практический опыт эксплуатации на крупных коммунальных объектах водоснабжения и канализации, наличие универсальных проектных решений, разработанных проектными институтами, налаженный серийный выпуск широкой номенклатуры УФ оборудования на уровне лучших мировых образцов позволяют в настоящее время осуществлять крупномасштабное внедрение этой технологии в России.

УДК 628.16:66.028

## **СТАНЦИЯ ДОЗИРОВАНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ**

А.А. МИЦКЕВИЧ, ВятГУ, г. Киров  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Е.И. ЭФРОС

В настоящее время подготовка питьевой воды с использованием жидкого хлора остается самым распространенным способом обработки воды. Однако применение жидкого хлора при водоподготовке имеет ряд существенных недостатков. Например, хлор и хлорсодержащие соединения обладают высокой токсичностью и пожароопасны, что требует строгого соблюдения повышенных требований техники безопасности, в связи с чем

затраты на обеспечение мер безопасности при использовании жидкого хлора многократно превышают затраты на само хлорирование. Затраты же на ликвидацию последствий возможной разгерметизации запасов жидкого хлора не предсказуемы. Хлор обладает высокой коррозионной активностью.

Альтернативой жидкому хлору является гипохлорит натрия, производимый путем электролиза раствора поваренной соли. В отличие от хлора гипохлорит натрия не взрывоопасен, при его использовании риск возникновения чрезвычайных ситуаций несоизмеримо ниже. Поскольку гипохлорит натрия активнее, чем жидкий хлор, малотоксичный и более простой в эксплуатации, снижаются затраты на водоочистку.

Получение гипохлорита натрия непосредственно на месте его потребления с помощью электролизных установок является одним из самых дешевых. Необходимо помнить, что дозирование гипохлорита натрия производится в трубопроводы питьевой воды, к качеству которой предъявляются жесткие требования, поэтому система обеззараживания должна обеспечивать непрерывную, пропорциональную подачу гипохлорита натрия. Использование в данных системах дозирующих насосов мембранного типа и неучет переменного характера давления влечет за собой опасность превышения ПДК реагента в воде.

Недостатки существующих систем учтены и устранены в разработках «Станция дозирования реагента» и «Способ дозирования реагентов», на которые получены патент на полезную модель и положительное решение о выдаче патента на изобретение. Гипохлорит натрия вырабатывается методом электролиза водного раствора поваренной соли. Непрерывное и пропорциональное дозирование гипохлорита натрия производится насосом мембранного типа с учетом давления в трубопроводе по сигналам контроллера, на котором реализован универсальный алгоритм. Данное изобретение позволяет применять технологию водоподготовки на основе гипохлорита натрия на локальных станциях водоочистки средних предприятий, посёлков и малых городов без опасности превышения ПДК реагента в питьевой воде.

УДК 502.7

## **НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕГИСТРАЦИИ РАДОНА В ПОЧВЕ, ВОЗДУХЕ И ВОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ В КАЗАНИ И ПРИКАЗАНЬЕ**

А.В. ДЕМИДОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Я. ДЫГАНОВА

Радон – это «благородный» радиоактивный инертный газ без цвета, вкуса и запаха, выделяющийся в процессе радиоактивного распада урана и которому в этой цепи распада предшествует радий. Является одним из самых плотных газообразных веществ и считается опасным для здоровья из-за собственной радиоактивности.

Несмотря на то, что во всем мире радон считается угрозой здоровью и развернуты различные кампании по защите граждан от его воздействия, вопросы радона в России в целом и, в частности, в Казани все еще исследованы недостаточно.

Одно из первых измерений было проведено в подвальном помещении нашего университета. Здесь уровень концентрации радона не превышал допустимых значений, хотя они начали расти в течение ночи и понижались в утренние часы. Это можно объяснить тем фактом, что система вентиляции помещений была отключена в ночное время, благодаря чему радон мог накапливаться и распределяться по всему помещению довольно равномерно.

Нами также были проведены измерения концентрации радона в воде Голубого озера, которое является тектоническим по своему происхождению, и, как предполагается, имеет под собой газовые карманы. Замеры показали концентрацию радона 19 Бк/л в поверхностных слоях озера, в пробах воды, взятых непосредственно из источника, питающих озеро, концентрация радона была 45 Бк/л.

Далее мы сосредоточились на измерениях, проводимых в системе озер Кабан, во-первых, потому что они достаточно эвтрофны, что само по себе создает благоприятные условия для аккумуляции радона. Во-вторых, Средний Кабан служит для забора воды для охлаждения близлежащей ТЭС, что представляет определенный интерес для оценки общей ситуации. До сих пор наши измерения не подтверждают какой-либо высокой концентрации радона на Среднем Кабане. Наивысшее зарегистрированное нами значение немного больше 0,4 Бк/л, но, поскольку работа еще продолжается, рано делать какие-либо значимые выводы.

Параллельно с исследованием воды в озере Кабан мы проводили анализы образцов воды, взятых из подземных источников близлежащих поселков. Нами были получены интересные результаты: в частности, замеры образца из одной из скважин, глубиной 50 м, показали концентрацию радона 2,1 Бк/л. Мы планируем продолжить исследование этой области, добавив замеры образцов почвы и воздуха для получения всесторонней картины.

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.

УДК 621.311.26

## **РАЗРАБОТКА ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

Д.Е. ТИТОВ, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин

Науч. рук. ст. преп. В.С. ГАЛУЩАК; канд. техн. наук, доц. А.Г. СОШИНОВ

Повышение энергетической эффективности объектов муниципальной и государственной собственности является одной из важных задач, определенных законом РФ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» от 23 ноября 2009 года. Пунктами 5 и 7 статьи 14 прямо указывается на необходимость использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Во исполнение указанных заданий мы предлагаем разработать пилотный технический проект энергосберегающего энергетического комплекса с использованием возобновляемых источников энергии на объектах КТИ. Вырабатываемая комплексом электроэнергия будет вытеснять покупную электроэнергию с коэффициентом интеграции до 70 %. Энергетический комплекс КТИ состоит из трех основных частей: солнечная фотоэлектрическая установка мощностью 200 кВт, две сотовые ветроэнергетические установки по 100 кВт каждая и система аккумулирования электрической энергии емкостью 10000 кВт·ч. Крышная солнечная установка состоит из 1850 солнечных батарей. Электроэнергия по шинпроводам направляется в аккумулирующую систему. Ветроустановка содержит 22 ветроагрегата, мощностью 5 кВт каждый, расположенных в шестигранных сотах.

Учитывая энергетический потенциал солнечной и ветровой энергии в Камышине, расчетная выработка электроэнергии составит 830000 кВт·ч, что покрывает потребность объектов КТИ. Построив этот комплекс, мы выполним задание федерального закона и разработаем документацию для других бюджетных организаций.

УДК 620.9(075.8)

## **СОТОВАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА, МОЩНОСТЬЮ 10–110 кВт**

Ю.А. КОКУРИНА, КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин  
Науч. рук. ст. преп. В.С. ГАЛУЩАК

Сотовая ВЭУ представляет собой конструкцию в виде мачты высотой 17 м. На мачте с двух сторон размещены каркасы, состоящие из правильных шестиугольников. В каждой такой соте размещается один ветрогенератор мощностью 5 кВт. Мачта вращается вокруг своей оси для улавливания воздушного потока ветроагрегатами со всех направлений. Выдача мощности от ветрогенераторов осуществляется по индивидуальным кабелям на сборные шины 220 В.

Для обеспечения профилактического обслуживания ВЭУ применена ломающаяся конструкция мачты с шарниром, расположенным на высоте 1,5 м. Для обеспечения лёгкости подъёма и опускания мачты собственными инвентарными средствами в средней части мачты на высоте 7,5 м имеется пояс, к которому крепится выжимная штанга, перемещающаяся в радиальном направлении по направляющим полозьям. Мачта может наклоняться к земле на  $90^\circ$ , что позволяет обслуживать ветрогенераторы на земле без верхолазных работ и грузоподъемных механизмов. После замены неисправного ветрогенератора мачта вновь подымается в рабочее положение и включается в работу, т.е. ремонт осуществляется за одну рабочую смену.

В каждый из шестиугольников установлен ветрогенератор мощностью 5 кВт с диаметром ветроколеса 2 м. Общее количество укрепленных на мачте ветроагрегатов может изменяться от 2 до 22 единиц. Таким образом, установленная мощность ветроустановки по желанию фермера может составлять 10, 20, 30, 40, .... и так до 110 кВт.

В точках установки ВЭУ расчётное число часов с номинальной скоростью ветра 6 м/с составляет 3000. Для ВЭУ 110 кВт при коэффициенте использования мощности 85 % выработка электроэнергии за год составит 280500 кВт·ч.

УДК 621.311.212

## **АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРОДА ЗЛАТОУСТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

К.И. ОГУРЦОВ, ЮУрГУ, г. Златоуст

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

Традиционные способы выработки и транспорта электроэнергии позволяют сравнительно просто передать энергию на большие расстояния. Однако при выработке электроэнергии при затратах 100 % первичного топлива только доля 10–20 % его части в виде электроэнергии от первичных источников энергии доходит до потребителя. Нарушается баланс между выработанной и потребленной электроэнергией, что приводит к нерациональному использованию природных ресурсов.

Одним из путей решения энергетической проблемы и сохранения природных ресурсов является энергосбережение и внедрение ресурсосберегающих технологий в обеспечении потребителей энергией.

Для внедрения нетрадиционных источников энергоснабжения в целях повышения автоматизации объектов, используя потенциал малых рек и водотоков необходимо провести анализ гидроресурсов на территории г. Златоуст.

Общий рисунок речной сети в пределах города отличается сложностью. Это связано с разнообразием форм рельефа, спецификой расположения водоразделов, особенностями геологической истории и литологического строения водосборов. Реки Златоуста текут в разных направлениях, иногда меняя свою ориентацию на противоположное.

Уклоны русел рек незначительные и составляют 0,3–0,4 м и скорости течения рек небольшие (0,3–2,5 м/с). В соответствии с этим сами русла характеризуются неустойчивостью и разветвленностью. Имеются мели и острова. Больших гидроэлектростанций построить нельзя.

Водные объекты Златоуста входят в число главных природных богатств и главных природных ресурсов, которые определяют существование и развитие экономики и самого человека на территории города.

В питании рек принимают участие снеговые (до 70% расхода), дождевые (20–30%) и подземные воды (обычно не более 20%). Значительно возрастает (до 40%) участие подземных вод в питании рек в карстовых районах. Важной особенностью большинства рек Златоуста является сравнительно небольшая вариативность стока от года к году. Отношение

стока наиболее многоводного года к стоку самого маловодного обычно колеблется от 1,5 до 3.

Поэтому с целью удовлетворения бытовых и производственных потребностей в электрической энергии и экономии ресурсов на реках Ай и Большая Тесьма можно установить микроГЭС мощностью от 1 до 100 кВт.

УДК 621.311.26

## **ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОНЕЙТРАЛИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ В ХИМИЧЕСКОМ ЦЕХЕ ЗАИНСКОЙ ГРЭС**

О.С. ЧЕКМЕНЕВА, филиал ОАО «Генерирующая компания» Заинская  
ГРЭС, г.Заинск

Науч. рук. Л.В. КУТИЛОВ

В марте 2009 г. на очистных сооружениях промстоков химического цеха Заинской ГРЭС включена в промышленную эксплуатацию электронейтрализационная установка (ЭНУ) по очистке загрязненных стоков от нефтепродуктов с прямков КГЦ. В основу работы установки положен новый метод разделения и очистки эмульсий - метод электронейтрализации.

Установка эффективно очищает воду от нефтепродуктов и других органических веществ, образующих эмульсии, с одновременной очисткой от взвешенных веществ. Высокая эффективность метода объясняется тем, что принцип его действия основан на прямом разрушении устойчивости эмульсии путем разрушения поверхностного заряда частиц в низкочастотном электрическом поле.

Электронейтрализационная установка проста и удобна в эксплуатации, работая полностью в автоматическом режиме. Существенным преимуществом данной технологии является: отсутствие дополнительных побочных отходов, высокая надежность, низкие энергозатраты.

Электронейтрализационная установка комплектуется системой управления и питания, обеспечивающей заданный автоматический режим работы при широком изменении параметров воды, подаваемой на очистку.

Затраты при наладке ЭНУ - 297,67 тыс. руб.;

Снижение содержания нефти и нефтепродуктов в сбросных водах в поверхностный водный источник - 0,493 т/год;

Предотвращенный ущерб - 582,726 тыс. руб./год.



Результаты работы по очистке сточных вод с КГЦ показали, что с помощью этого способа удается получить содержание нефтепродуктов до 0,62 мг/л при исходном значении концентрации нефтепродуктов 1,4 мг/л.

По результатам эксплуатации ЭНУ, для достижения нормативного содержания нефтепродуктов в сбросных водах, мною было предложено выполнить схему доочистки на угольных фильтрах, где происходит очистка воды от нефтепродуктов за счет сорбции, так как сорбционный процесс наиболее эффективен при удалении нефтепродуктов. Кроме того, слой угля активно поглощает железо и кремнекислоту. В настоящее время производится наладка режима второй ступени очистки воды после ЭНУ. Вторая ступень позволит нам добиться эффективной очистки от нефтепродуктов и довести их содержание в сбросных водах до 0,1 мг/л согласно НДС (нормативно допустимым сбросам).

Затраты при наладке второй ступени очистки - 193 тыс. руб.;

Снижение содержания нефти и нефтепродуктов в сбросных водах в поверхностный водный источник - 0,328т/год;

Планируемый предотвращенный ущерб - 387,69 тыс. руб./год.

## **СЕКЦИЯ 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ, ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИЙ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

УДК 621.315.2

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ С ПЛАСТМАССОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НА СРЕДНЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ**

О.А. БАРДАКОВ, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. С.Н. ШУЛИКИН

В современной энергетике для передачи и распределения электроэнергии все более широко применяются кабели современных конструкций на основе сшитого полиэтилена, наибольшее распространение среди которых получили однофазные кабели. Неотъемлемой частью силового кабеля на среднее напряжения является применение металлического проволочного экрана, необходимость которого возникает из-за высокого напряжения в токопроводящей жиле. Применение металлического экрана позволяет устранить электрическое поле на

поверхности кабеля, но в тоже время, заземление экрана более чем в одном месте, приводит к появлению в нем значительных токов (потерь мощности).

Борьба с потерями в экранах с экономической точки зрения связана с недоиспользованием пропускной способности кабеля и, как следствие, завышением сечения токопроводящей жилы, что, в свою очередь, ведет к повышению стоимости кабельной линии.

В связи с этим для снижения потерь в экране применяются специальные схемы заземления (соединения) экранов.

Также одним из способов борьбы с потерями в экранах является разработка дополнительных конструктивных элементов в конструкциях кабелей, которые позволяют снизить величину продольных токов.

Учитывая вышеизложенное, перспективным направлением является разработка конструкции силового кабеля с магнитным экраном, расположенным между изолированной токопроводящей жилой и металлическим экраном.

Применение данного конструктивного элемента (магнитного экрана) приводит к увеличению сопротивления металлического экрана переменному току, что позволяет:

- снизить электрические потери в экране, а значит увеличить пропускную способность кабеля;

- снизить величину напряжения в экране при нормальных и аварийных режимах, т.е. повысить надежность работы кабеля и безопасность его обслуживания.

УДК 675.92.035.3:678.046.54

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Э.И. ВАРГАНОВА, КГТУ, г. Казань

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

канд. техн. наук, доц. Л.Р. ДЖАНБЕКОВА;

канд. техн. наук, доц. И.Н. МАСЛОВ

Применяющиеся в области фильтрации материалы, изготовленные из остатков кожевенного производства по стандартной технологии, не всегда удовлетворяют требованиям потребителя. В работе представлены исследования по улучшению характеристик свойств картонов за счет их

двухстадийной модификации высокочастотной плазмой пониженного давления.

Модификация картонов традиционными методами зачастую достаточно трудоемка и не приводит к комплексному улучшению их свойств. Применение высокочастотной плазмы пониженного давления дает возможность придавать материалам различной физической природы заранее заданные физико-механические и потребительские свойства.

В качестве образцов для исследования выбраны картоны марок Ск и СЦМ, используемые в обувной промышленности. Согласно установленным нормам, технические фильтры должны обладать необходимыми прочностными характеристиками в сочетании с повышенными лиофобными свойствами. Плазменная обработка образцов картона проводилась при давлении  $P = 26,6$  Па в атмосфере кислорода, а также воздушной атмосфере (смесь газов: азот, кислород, аргон, углекислый газ, неон, метан, гелий, криптон, водород, ксенон) (расход  $G = 0,04$  г/с), при варьировании значений тока анода  $I_A$  от 0,3 до 0,7 А, напряжения на аноде  $U_A$  от 1,0 до 7,5 кВ, времени обработки от 1 до 25 мин.

Исследования характеристик скорости впитывания воды образцами картона до и после плазменной обработки показали, что максимальное значение скорости впитывания удалось получить при времени воздействия низкотемпературной плазмы от 10 до 25 мин при разных режимах.

Таким образом, удается получить картон с улучшенными фильтрационными и прочностными характеристиками, обладающий одновременно лиофильными и лиофобными свойствами. Срок эксплуатации изделий из модифицированного высокочастотной плазмой картона увеличивается в среднем на 40 %.

УДК 621.315.21

## **ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

И.С. ВАСИЛЬЕВ, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.С. КИМ

Сегодня значительно возросли требования к материалам изоляции кабельной сети космического аппарата. От их долговечности в условиях эксплуатации зависит надежность работы бортового оборудования. К основным требованиям относятся:

- срок эксплуатации  $\geq 15$  лет в условиях космического пространства и магнитосферной плазмы;
- электрическое сопротивление не менее:  
100 МОм при пониженной температуре;  
5 МОм при температуре до  $+270$  °С;
- стойкость изоляции к воздействию суммарной дозы ионизирующего излучения от  $1 \cdot 10^8$  до  $6 \cdot 10^8$  рад в течение срока эксплуатации.

По отношению к воздействию радиации все полимеры делятся на две группы: полимеры, в которых преобладают процессы деструкции, и полимеры, в которых наблюдается образование поперечных связей (сшивка). Ко второй группе относятся полимерные материалы на основе полиимидов и радиационно-модифицированные фторопласты. Они являются наиболее устойчивыми по отношению к радиационному старению и обладают всеми необходимыми диэлектрическими и механическими свойствами.

Наиболее перспективными материалами изоляции являются полиимидная пленка ПМ-1 и фторопласт-4 (Ф-4). Пленка ПМ-1 эксплуатируется при температуре от  $-200$  до  $+400$  °С,  $\sigma_p = 180$  МПа,  $\varepsilon_p = 90$  %,  $E_{пр} = 270$  кВ/мм,  $\varepsilon = 3,5$  и  $\text{tg } \delta = (2,5-3) \cdot 10^{-3}$  (при  $f = 10^3$  Гц),  $\rho_v = 10^{15}$  Ом·м,  $D = 3 \cdot 10^8$  рад. Фторопласт-4 эксплуатируется при температуре от  $-269$  до  $+260$  °С,  $\sigma_p = 27$  МПа,  $\varepsilon_p = 350$  %,  $E_{пр} = 50$  кВ/мм,  $\varepsilon = 2$  и  $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$  (при  $f = 10^3$  Гц),  $\rho_v = 1,5 \cdot 10^{17}$  Ом·м,  $D = 2 \cdot 10^7$  рад. Применение данных материалов позволит повысить надежность и долговечность бортовой кабельной сети, снизить общий вес, что является приоритетным направлением в космической отрасли.

УДК 665.662.3 + 66.061.5: 669.28

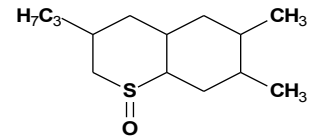
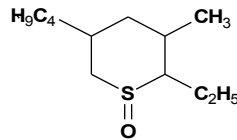
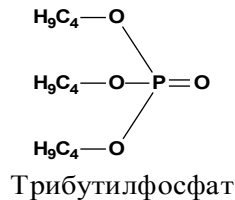
## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

С.Д. ВАФИНА, И.В. АРИСТОВ, В.А. ПЕТРОВ, КГТУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.З. ЗАРИФЯНОВА;  
канд. хим. наук, доц. Н.В. АРИСТОВА (КГЭУ)

Содержание сераорганических соединений (СОС) в моторных топливах строго регламентируется значениями ГОСТ: для автомобильных бензинов не более 0,1 %, для реактивных топлив и авиационных бензинов не более 0,05 %, для дизельных топлив не более 0,2 %. В настоящее время все большие объемы высокосернистых нефтей вовлекаются в нефтепереработку,

создавая острую необходимость удаления СОС из получаемых нефтепродуктов. Содержание серы в прямогонных топливных фракциях составляет 2,5–3,0 % масс. В промышленных условиях в процессе гидроочистки СОС разрушаются до экологически опасного сероводорода и теряются безвозвратно.

Нами предложен альтернативный способ удаления СОС путем окисления и экстракции их в виде нового продукта – нефтяных сульфоксидов (НСО), которые могут найти широкое применение в качестве экстрагентов цветных металлов. В настоящее время широко используется трибутилфосфат (ТБФ), производимый отечественной химической промышленностью. Всемирная организация здравоохранения запретила использование ТБФ ввиду высокой токсичности, поэтому НСО могут служить полноценным его заменителем. Экстракционная способность НСО по отношению ко многим металлам выше, чем у ТБФ, что доказано квантово-химическими расчетами.



Сульфоксиды

Экстракционная способность ТБФ и сульфоксидов определяется электроно-донорными свойствами активного атома – кислорода, строением молекулы и связанным с ним распределением электронов.

С использованием квантово-химического метода B3LYP/6-31G(d, p) рассчитаны заряды на атоме кислорода молекул экстрагентов. Расчет показал, что заряд на кислороде в молекулах сульфоксидов ( $-0,641 \div -0,661 \text{ e}$ ) имеет большее отрицательное значение по сравнению с ТБФ ( $-0,557 \text{ e}$ ), следовательно, НСО обладают более высокой экстракционной способностью, что подтверждается на примере экстракции молибдена из промышленного отхода. Степень извлечения металла НСО составляет 98-99 %, ТБФ – 91 %.

УДК 621.315.2

## ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ КАБЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

К.С. ЕРЁМЕНКО, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. ст. преп. С.Н. ШУЛИКИН

На сегодняшний день повышаются требования пожаробезопасности к электротехническим устройствам, строительным объектам, а также к кабельным изделиям и кабельным линиям. Надежность зависит от всех составляющих кабельной сети, в том числе и соединительных муфт.

Актуальность данной проблемы подразумевает повышающиеся требования пожарной безопасности, отказ от хорошо известных галогенсодержащих антипиренов, использование которых, как показала практика, приводит к существенному загрязнению окружающей среды. Диоксины, бензофураны и другие продукты сгорания галогенсодержащих антипиренов представляют опасность для жизнедеятельности человека.

Мы занимаемся разработкой новой конструкции муфты, отличительная особенность которой заключается в создании огненного барьера из специального материала.

Необходимо обеспечить исключение короткого замыкания между ТПЖ и экраном и не допустить проникновение огня внутрь муфты, поэтому мы предлагаем использовать огненный барьер между изоляцией ТПЖ и экраном и оболочкой и экраном.

Проведя анализ известных антипиренов, были выделены их недостатки:

- высокая степень наполненности антипиреном полимерной матрицы;
- увеличение плотности материала;
- недостаточная гибкость конечных продуктов;
- ухудшение механических свойств;
- проблемы при компаундировании и переработке.

Исходя из этого мы предлагаем использовать новые нанокompозитные антипирены, которые не имеют недостатков, как традиционные антипирены.

Можно изготовить полимерную ленту с добавлением в матрицу углеродных нанотрубок, но так как они мало распространены и мало исследованы, мы предлагаем провести пропитку стекловолокна твердеющим компаундом. После пропитки монтаж производится намоткой на элементы кабельной муфты. Компаунд обладает высокой влагостойкостью, взрывобезопасен, морозоустойчив, имеет высокие электроизоляционные свойства.

УДК 665.64

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСТАТКА ВИСБРЕКИНГА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ И КОКСОВОМ ПРОИЗВОДСТВАХ**

В.В. ЗАПЫЛКИНА, М.Р. ФАТКУЛЛИН, А.Н. МОРОЗОВ, УГНТУ, г. Уфа  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Б.С. ЖИРНОВ

Основное назначение висбрекинга – получение дополнительных количеств дистиллятных продуктов, сокращение производства котельного топлива при одновременном снижении температуры застывания и вязкости. Продукты висбрекинга также могут использоваться в качестве сырья для производства технического углерода, электродного кокса, пека и нефтехимии.

При соблюдении определенных режимных показателей процесса висбрекинга, а именно температура на выходе из печи 505–510 °С, после вакуумирования атмосферного остатка получается остаток висбрекинга гудрона (остаточный нефтяной пек) с коксуемостью выше 35 %.

При использовании остатка висбрекинга для производства энергии, он обладает рядом преимуществ перед топливном коксом: не содержит воды, так как слив производится выше 100 °С; не требует предварительного размола; не образует взрывоопасной пыли и может перекачиваться в нагретом состоянии обычными насосами. Для снижения вязкости пека его можно нагревать до необходимой температуры непосредственно перед подачей в топливную форсунку. Предварительный нагрев пека выше температуры самовоспламенения обеспечивает его полное сгорание в условиях небольшого избытка воздуха и хорошего диспергирования в топочном пространстве.

При использовании высокосернистого пека предусмотрены системы очистки дымовых газов от диоксида серы, дооборудование которыми ТЭЦ требует значительно меньших капитальных и эксплуатационных затрат, чем очистка от серы котельного топлива или пека на НПЗ.

При использовании остатка висбрекинга для производства анодного кокса для алюминиевой промышленности необходимо в качестве сырья использовать термически обработанное сырье при содержании серы в пеке менее 1,5 % масс. В отличие от кокса, полученного из гудрона, пековый кокс имеет меньшую себестоимость сырья.

При возможности достижения коксующести остаточного нефтяного пека до 50 % и выше позволяет рассматривать его как нефтяную спекающую добавку для коксования нежирных углей в металлургическом производстве.

УДК 621.311

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ, АЛЮМИНИЯ, КИСЛОРОДА И УГЛЕРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ**

А.В. КАЛАШНИКОВ, О.С. СИРОТКИН, КГЭУ,  
В.А. ДОВЫДЕНКОВ, ООО «НАНОМЕТ» г. Йошкар-Ола  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.С. СИРОТКИН

Целью настоящей работы является исследование электронной микроскопией структуры композиционных материалов, полученных промышленным путем на основе гомо- и гетероядерных соединений меди, алюминия, кислорода и углерода, с последующим выявлением в материале представленных образцов частиц наноразмерного уровня.

В качестве исследуемого материала выбраны два образца, полученные в ООО «Наномет» г. Йошкар-Ола. Исходный состав первого образца: графит (0,25 %), порошок алюминия (0,5 %), порошок меди (99,25 %). Исходный состав второго образца: графит (0,25 %), порошок алюминия (0,5 %), порошок оксида (II) меди (2,64 %), порошок меди (96,61 %).

Технологическая схема для получения образца № 1: механохимическая активация (гранулирование) – холодное прессование – нагрев – горячая экструзия. Технологическая схема получения образца № 2: механохимическая активация (гранулирование) – отжиг гранул – холодное прессование – нагрев – горячая экструзия. Конечный состав материала, после технологической обработки, для образца № 1: углерод (0,075 %), алюминий (0,5 %), кислород (0,2 %), медь (99,225 %), а для образца № 2: углерод (0,075 %), алюминий (0,5 %), кислород (0,44 %), медь (98,985 %).

Из образцов были изготовлены пробы, поверхность которых протравили кислотой  $\text{HNO}_3$  (7 %). С аншлифов двух образцов были получены фотографии на электронном микроскопе РЭМ-100У. Кратность увеличения варьировалась в диапазоне от 250 до 6000.

Анализ полученных фотоизображений показал, что в основном структура по месту распила исследуемых материалов, а значит, и по всему



объему образцов № 1 и № 2 – однородная, зернистая. Математическими расчетами определили, что размер этих зерен составляет в среднем  $10^{-6} \div 10^{-8}$  м. Исходя из того, что обычно нанодиапазон варьируется от  $10^{-9} \div 10^{-7}$  м, то значения частиц в структуре исследуемых материалов попадают в данный интервал. А следовательно, можно предположить, что эффект резкого увеличения их механических свойств, по сравнению с материалами полученными по традиционной технологии, можно отнести к появлению в них наноструктурной организации элементов (частиц).

УДК 621.313.048

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ЭМАЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ**

М.М. КАСЫМБАЕВА, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. асс. И.Н. ШУЛИКИН

Качество изоляции электрических машин зависит от качества компонентов, входящих в неё. Одним из наиболее важных элементов системы изоляции являются обмоточные провода. Поэтому для изготовления качественной изоляции электрических машин необходимо контролировать качество обмоточных проводов на стадии поставки и в процессе производства систем изоляции. К отказу изоляции электрических машин приводят воздействия на неё технологических и эксплуатационных факторов. Технологические: растяжение, истирание, изгиб. Эксплуатационные: вибрация, температура, воздействие центробежной силы и окружающей среды и т.д. На входном контроле важно оценить как начальное состояние проводов, так и устойчивость к технологическим воздействиям. На сегодняшний день, для оценки качества эмалированных проводов, применяются ряд методик, основная из которых ГОСТ-14340.10-69 «Испытание механической прочности изоляции на истирание», но они имеют ряд существенных недостатков. В данной работе предлагается комплексная методика оценки технологической устойчивости эмалированной изоляции, по изменению дефектности провода при воздействии технологических факторов. Дефектом считается сквозное повреждение эмалевого изоляции провода.

Для проведения эксперимента были выбраны провода марок ПЭТД-180, ПЭТ-155, ПЭЭА-155 производства ЗАО «Сибкабель».

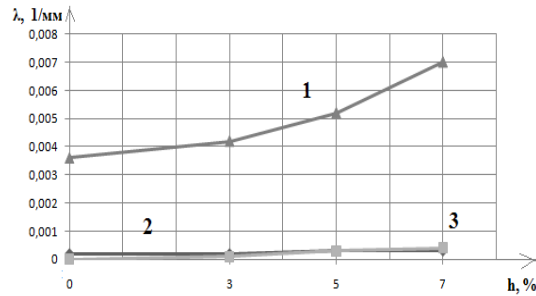


Рис. 1 Зависимость дефектности эмалированных проводов от вытяжки.

1-ПЭТД-180; 2-ПЭТ-155; 3-ПЭЭА-155

Из полученных зависимостей видно, что предложенная методика достаточно чувствительна для оценки воздействия технологических факторов. В дальнейшем планируется проведение испытаний по методике, описанной в ГОСТ-14340.10-69.

УДК 621.313.048

## **ВЛИЯНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ НА ПРОЦЕСС ДЕФЕКТОБРАЗОВАНИЯ МЕЖВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ**

А.С. СУПУЕВА, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.П. ЛЕОНОВ

Наиболее слабым элементом обмотки электрических машин является межвитковая изоляция, представляющая собой композицию из двух слоев эмалевой изоляции обмоточных проводов и отвержденного слоя пропиточного состава между ними. Эти элементы конструкции связаны друг с другом силами адгезии. При изменениях температуры или воздействии внешних нагрузок они вынуждены деформироваться совместно, что приводит к возникновению внутренних механических напряжений ( $\sigma_{вн}$ ) и растрескиванию пропиточного состава. При разрушении композиционных систем, в данном случае системы «пропиточный состав – эмалированный провод», развитие трещины может быть приостановлено, если адгезионная прочность на границе раздела фаз не превышает определенного уровня, иначе трещина может прорасти в пленку эмальлака.

Прочность адгезионных соединений определяется различными факторами, важнейшими из которых являются: химическая природа и физические свойства полимера и субстрата; условия формирования

адгезионного соединения; деформация компонентов соединения до его разрушения; внутренние напряжения, способствующие разрушению адгезионного соединения и др.

В данной работе основной целью является определение адгезионной прочности расчетно-экспериментальным методом в различных системах «обмоточный провод – пропиточный состав». Предлагаемый метод основан на определении свободной поверхностной энергии адгезива  $\gamma_L$ , свободной поверхностной энергии субстрата  $\gamma_S$  и межфазной поверхностной энергии  $\gamma_{LS}$ . Величины  $\gamma_L$ ,  $\gamma_S$ ,  $\gamma_{LS}$  помогут вычислить термодинамическую работу адгезии  $W_a$ , равную:

$$W_a = \gamma_L + \gamma_S - \gamma_{LS}$$

Оценка  $W_a$  поможет прогнозировать прочность адгезионных соединений систем «обмоточный провод – пропиточный состав».

УДК 621.315

## РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ, ЗАТРАЧЕННОЙ НА НАГРЕВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА ПЭТ-155 $d_0 = 1,00$ мм

Б.М. ТАКЕЕВА, НИ ТПУ, г.Томск

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

В связи с расширением производства различных электрических машин, аппаратов и приборов увеличился выпуск обмоточных проводов, в первую очередь с эмалевой изоляцией или эмалированных проводов. Именно они являются наиболее прогрессивной группой обмоточных проводов, что все больше привлекает внимание к самому процессу производства, т.е. эмалированию обмоточных проводов.

В данной работе приводится расчет количества теплоты (1), необходимого для нагрева изоляции, при скоростях эмалирования 150 и 95 м/мин.

$$Q_{эл} = \rho \cdot V_{л} \cdot C_{л} \cdot \Delta T \quad (\text{Дж/м}), \quad (1)$$

где  $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$  – плотность лака,  $V_{л} = 5,103 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$  – объем лака на длине провода 1 м,  $C_{л} = 0,43 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$  – удельная теплоемкость лака,  $\Delta T$  – разница температуры провода на входе и выходе каждого из участков печи. Суммарное значение количества теплоты, необходимого для нагрева изоляции на протяжении всей печи при скорости эмалирования 150 м/мин, составляет 7,5 Дж/м, а при скорости эмалирования 95 м/мин составляет 10,1 Дж/м.

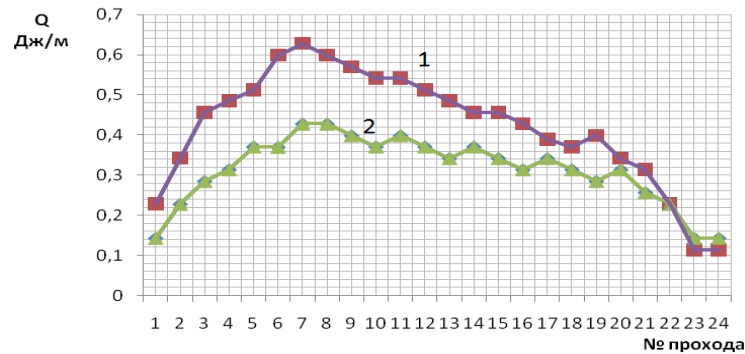


Рис. 1. Количество теплоты, расходуемое на нагрев изоляции провода на участках печи:  
1 - скорость эмалирования 95 м/мин, 2- скорость эмалирования 150 м/мин

Как видно из рис. 1, увеличение скорости эмалирования приводит к уменьшению количества теплоты, затрачиваемой на нагрев изоляции. Аналогичная закономерность наблюдается и для проволоки. Это связано с тем, что с увеличением скорости эмалирования время нахождения провода в печи уменьшается.

УДК 536.46

## МЕТОД СИНТЕЗА НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.С. ТИЗИЛОВ, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. А.Г. ЕГОРОВ

Как показывает опыт наиболее передовых в техническом отношении стран, при разработке конструкций новых технических объектов наблюдается тенденция к увеличению в них числа деталей, получаемых методами порошковой металлургии, что позволяет обеспечить большую экономию материала, повысить ресурс работы и управлять конечными свойствами изделий, такими как гибкость, прочность, износостойкость, термостойкость.

На сегодняшний день технологии получения нанодисперсных порошков представляют собой длительный, энергоемкий процесс с высокими затратами финансовых ресурсов на обеспечение основных и вспомогательных операций.

Предлагаемый метод позволяет без существенных затрат энергии получать наиболее востребованные для современных технологий оксиды и

нитриды, бориды, и т.д. в виде нанодисперсных порошков, путем сжигания частиц исходного порошка металла в потоке активного газа при определенных условиях процесса горения. Разработана схема энергетической установки синтеза нанодисперсных порошков с использованием внутрикамерных процессов реактивных двигателей, обеспечивающая широкий диапазон гранулометрического состава синтезируемых частиц и не требующая постоянного подвода энергии извне и дополнительных операций. Предложены методы управления параметрами внутрикамерных процессов для изменения размеров синтезируемых частиц.

Перспектива использования результатов данных исследований состоит в возможности создания энергетической установки для синтеза нанодисперсных порошков в промышленных масштабах с целью получения материалов с новыми физико-химическими свойствами.

УДК 621.316.54

## **РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТА ДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА В СИСТЕМЕ В-С-N**

И.А. РАХМАТУЛЛИН, А.Я. ПАК, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.А. СИВКОВ

Продукт прямого динамического синтеза в системе В–С–N был получен в скачке уплотнения ударной волны гиперскоростной электроразрядной плазмы, генерируемой коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ). Полученный порошкообразный продукт бурого цвета был изучен с помощью рентгеновской дифрактометрии на дифрактометре Shimadzu XRD6000. Сложный характер типичной для нескольких проб рентгеновской дифрактограммы указывает на образование в рассматриваемых условиях нескольких кристаллических фаз и возможный полиморфизм. Обработка экспериментального спектра методом полнопрофильного анализа с использованием программы «PowderCell 2.4» и базы структурных данных «PDF4+» показала отсутствие в составе продукта оксидных фаз и, в частности, чистого бора. Для продукта установлено образование в заметном количестве чисто углеродных плотных фаз типа многослойных углеродных нанотрубок nt-C (пространственная группа  $R\bar{6}_3mc \{186\}$ ) или подобных структур. Однозначно идентифицируются в экспериментальном спектре линии кубического нитрида бора cBN (пространственная группа  $F-43m \{216\}$ ), ожидаемой нами кристаллической

фазы. Также установлено достаточно точное соответствие нескольких сильных рефлексов экспериментального спектра основным линиям теоретических спектров кубического нитрида бора  $cBN$ , а также ковалентного нитрида углерода с  $sp^3$  связанным углеродом кубической сингонии  $cC_3N_4$ . Присутствие в дифракционной картине рефлексов, соответствующих  $W_2C$ , можно объяснить только электрической эрозией вольфрама с центрального электрода КМПУ и выносом его в реакционный объем плазмой разряда.

Таким образом, результаты предварительных экспериментов, полученные методами рентгеновской дифрактометрии, убедительно показали возможность осуществления динамического синтеза нанодисперсных кристаллических сверхтвёрдых материалов системы В–С–N предлагаемым оригинальным методом, таких как кубический нитрид бора  $cBN$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 09-08-01110-а, и в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», тема: 7.312.09.

УДК 666.3

## **ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОМ ПРЕССОВАНИИ**

Д.В. СУХУШИНА, НИ ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. А.С. ИВАШУТЕНКО

Регистрация давления имеет первостепенное значение как при отработке режимов, так и при выполнении основных технологических операций прессования.

Измерение импульсного давления имеет ряд проблем, основной из которых является регистрация короткого импульса. Для решения этого вопроса применяют датчики, обладающие высокой чувствительностью, например тензодатчики.

Датчик для таких измерений, во-первых, должен размещаться как можно ближе к зоне действия давления и, во-вторых, одновременно обеспечивать воспроизводимость показаний при многократном использовании. Однако выполнение этих требований накладывает ряд ограничений: большие скорости перемещения инструмента за короткий промежуток времени могут вызвать разрушение датчика, а размещение чувствительного элемента датчика в рабочей зоне часто либо физически

невозможно, либо вносит большие возмущения и приводит к искаженным результатам.

Эксперименты с измерением импульсной силы в магнитно-импульсном прессе проводились ранее при одноосной нагрузке. На их основе была предложена полуэмпирическая методика оценки давления.

Принципиальное отличие нашей работы заключается в реализации системы измерения двухсторонней импульсной нагрузки с возможностью регистрации как при статическом, так и при динамическом нагружении. В качестве регистрирующего элемента использован стандартный поверенный датчик силы Мерадат КС 183-220-05, включенный в схему постоянного тока.

На данном этапе прошли испытания датчика стационарной нагрузкой, для этого был использован гидравлический пресс с калиброванной силой. Результаты испытаний показали адекватность реакции датчика к данному виду нагружения и незначительные погрешности в его показаниях.

УДК 541.123.3: 543.572.3

## **СТАБИЛЬНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК NaF–CsCl–CsBr ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ ВЗАИМНОЙ СИСТЕМЫ Na, Cs||F, Cl, Br**

М.В. ЧУГУНОВА, СГТУ, г. Самара  
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. И.К. ГАРКУШИН

Квазитройная система NaF–CsCl–CsBr является секущим стабильным элементом четырехкомпонентной взаимной системы Na,Cs||F,Cl,Br. Исходные реактивы квалификации «чда» (NaF), «хч» (CsCl), «ч» (CsBr) были предварительно обезвожены прокаливанием и переплавлены. Температуры плавления индивидуальных веществ (°C) соответствовали справочным данным. Масса навесок составляла 0,3 г. Составы выражены в мол. %. Кривые нагревания и охлаждения образцов снимались на установке ДТА в стандартном исполнении [1].

В целях выявления характера взаимодействия внутри стабильного треугольника для экспериментального исследования был выбран политермический разрез C–F (C[20 % NaF, 80 % CsBr] – F[20 % NaF, 80 % CsCl]). Линии моновариантного равновесия  $e_1e_2$  с минимумом М 580 в системе NaF–CsCl–CsBr отвечает следующая фазовая реакция:  $ж \rightleftharpoons NaF + CsCl_xBr_{1-x}$ . Ликвидус системы представлен двумя полями кристаллизации: фторида натрия и непрерывного ряда твердых растворов бромида и хлорида цезия.

Из диаграммы разреза C-F определено направление на состав с минимальной температурой плавления в системе NaF-CsCl-CsBr (точка  $\tau$ ), а исследованием разреза NaF  $\rightarrow \tau \rightarrow M$  (NaF [100 % NaF]- M [7 % NaF, 53,5 % CsBr, 39,5 % CsCl]) определен состав точки минимума M на кривой  $e_1e_2$  моновариантных равновесий.

В результате экспериментального исследования стабильного треугольника было установлено, что двойные твердые растворы на основе хлорида и бромида цезия не распадаются и на моновариантной кривой образуется минимум при 580 °C и 7 % NaF + 53,5 % CsBr + 39,5 % CsCl. Для поверхностей кристаллизации фазовые реакции дивариантного равновесия  $ж \rightleftharpoons NaF$  (поверхность  $e_1 NaF e_2 e_1$ ) и  $ж \rightleftharpoons CsCl_x Br_{1-x}$  (поверхность CsCl  $e_1 e_2 CsBr CsCl$ ).

Таким образом, изученный стабильный треугольник NaF-CsCl-CsBr относится к тройным системам с отсутствием точек невариантных равновесий и наличием непрерывных рядов твердых растворов с минимумом.

Литература:

1. Егунов В.П. Введение в термический анализ. Самара, 1996. 270 с.

УДК 546.732.733

## **ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТИОЦИАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ХРОМА (III)**

К.В. МЕЗЕНЦЕВ, И.В. ИСАКОВА, КузГТУ, г. Кемерово

Значительный интерес к термочувствительным материалам вызван растущими потребностями отечественной индустрии в разработке технологий производства фото- и термочувствительных составов, способных выступать в роли цветных индикаторов температуры. Для целенаправленного синтеза новых композиций термочувствительных пигментов, обладающих требуемым набором технических характеристик, необходимо установить связь между физико-химическими свойствами и структурой материалов.

Материалы, содержащие соединения хрома (III), обладают ярко выраженным термо- и пьезохролизмом при определённых условиях. Объяснение природы процессов, обуславливающих подобное изменение окраски, и обоснование механизма термоперехода остаются спорными. Решение этих вопросов на примере комплексов хрома (III) определило цель исследования.



Синтезированы изотиоцианатные комплексы хрома (III), содержащие октаэдрические анионы  $[\text{Cr}(\text{NCS})_6]^{3-}$  и  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{NCS})_4]^+$  в комбинации с различными кислород- и азотсодержащими органическими катионами. Введение органической компоненты в состав комплексов позволило проследить её влияние на изменение физико-химических свойств и расширить представления о причинах термохромных превращений комплексов хрома (III). Соединения изучены методами электронной, ИК- и ЭПР-спектроскопии, магнетохимического, дифференциально-термического, рентгенофазового и рентгеноструктурного анализов, определены их физические константы.

Структурные превращения, происходящие при температурах, не превышающих 100 °С, носят характер термической твердофазной перегруппировки и могут быть причиной изменения энергии расщепления *d*-уровней иона хрома вследствие искажения геометрии комплексного аниона. Нарушение правильности решётки определяется стерическим влиянием органических катионов и лимитируется термодинамической устойчивостью образующейся высокотемпературной модификации.

Благодаря способности обратимо изменять окраску в определённом температурном интервале исследованные соединения использованы для составления композиций термочувствительных составов и в качестве сенсорной компоненты цветowych термодатчиков и термоиндикаторов.

УДК 621.352.

## КАТОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ЛИТИЕВОГО АККУМУЛЯТОРА

И.С. ВОРОБЬЕВ, МЭИ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. С.Е. СМЕРНОВ

В связи с последними достижениями в электронике возрос интерес к более низковольтным материалам. В настоящее время активно разрабатываются катодные материалы на основе литий-металлфосфатов со структурой оливина.

Для приготовления литий-металлфосфатов использовался литий гидроксид водный  $\text{LiOH} \times \text{H}_2\text{O}$ , аммоний дигидрофосфат  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , оксиды титана. В качестве исходных материалов использованы два вида оксида титана: промышленного производства (гамма модификация - рутил), мелкодисперсный (альфа-анатаз) (МИТХТ им. Ломоносова М.В.). Предложен метод синтеза литий-металлфосфатов, включающий в себя две стадии: 1 – синтез металлфосфата из смеси аммоний дигидрофосфата и оксида металла;

2 – синтез литий-металлфосфата путем термического литирования, полученного на 1-й стадии продукта, включающая в себя механическую активацию прекурсора в процессе пластического деформирования.

Разработан способ изготовления электродов, включающий в себя: 1) перемешивание смеси компонентов активной массы катода в диметилацетомиде ультразвуком; 2) термическое удаление растворителя в вакуумном сушильном шкафу; 3) размол полученной твердофазной массы в шаровой мельнице; 4) обработка твердофазного активного материала на аппаратуре высокого давления; 5) напрессовка активной массы на реакторную поверхность подложки катода; 6) термообработка твердофазного катода в вакуумном сушильном шкафу.

Данный способ приготовления с применением высокого давления типа наковален Бриджмена дает лучшие характеристики катода по сравнению с традиционным способом: увеличивается время разряда, потенциал и, соответственно, емкость примерно на 25 %.

УДК 621.352

## **КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ $\text{LiFePO}_4$**

Д.А. РЕШЕТНИКОВ, МЭИ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. С.Е. СМЕРНОВ

В качестве материала катода в промышленно выпускаемых литий-ионных аккумуляторах используют литированные оксиды кобальта, никеля и марганца, имеющие такие недостатки, как токсичность и высокая стоимость; кроме того, электроды с такими материалами работают при высоких положительных потенциалах, что является одним из факторов снижения безопасности аккумулятора. В связи с этим возрос интерес к более низковольтным, но обладающим большой удельной емкостью катодным материалам - литий-металлфосфатам.

Наиболее привлекательным соединением является  $\text{LiFePO}_4$  со структурой оливина. Оно характеризуется высоким разрядным напряжением (3,4 В) и относительно высокой теоретической емкостью – 170 мА·ч/г, которая может быть почти полностью реализована на практике. Основным недостатком  $\text{LiFePO}_4$  является низкая электронная проводимость и, как следствие, неудовлетворительная циклируемость при высоких скоростях. Однако было показано, что более дисперсные материалы, полученные при относительно невысоких температурах, обладают улучшенными

электрохимическими характеристиками по сравнению с высокотемпературными образцами благодаря более полному использованию объема частиц.

В работе показана оригинальная методика синтеза  $\text{LiFePO}_4$ , включающая в себя две стадии: 1 – синтез металлфосфата из смеси  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  + оксид металла; 2 – синтез литий-металлфосфата путем литирования полученного на 1-й стадии продукта. Установлено также, что пластическое деформирование прекурсора эффективно действует на второй стадии синтеза литий-железофосфата.

Показано влияние стадии обработки ультразвуком исходного раствора активных компонентов катода в диметилацетомиде на электрохимические характеристики твердофазного катода и установлено, что такого рода обработка, по сравнению с обычным механическим перемешиванием, приводит к большему деагрегатированию и более высокой равномерности распределения компонентов в конечной активной массе электрода. Это приводит к увеличению электрохимических характеристик электрода на 15-20 %.

УДК 631.311

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ИХ ТОНКОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЯДЕРНОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ**

А.Е. БУНТИН, П.Б. ШИБАЕВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. О.С. СИРОТКИН

Многие свойства органических полимеров непосредственно связаны с их химическим строением и могут быть оценены с помощью аддитивных величин. Еще Ван Кревеленом был предложен аддитивный метод связевых вкладов, основанный на учёте различных типов химических связей между атомами. Однако не было возможности количественно охарактеризовать различные типы связей между атомными остовами. Глубокое изучение данной проблемы и ее решение позволило разработать аддитивную систему, в основе которой лежит предположение о том, что свойства химического вещества (полимера) в первом приближении можно рассматривать как аддитивно складывающиеся из вкладов компонент химической связи, вносимых отдельными гомоядерными и гетероядерными типами химической связи повторяющегося звена полимерной цепи. Вклад каждой химической

связи рассматривается в зависимости от окружения, в котором данная связь находится.

$$F = k \sum_{i=1}^n F_{ki} + m \sum_{i=1}^n F_{mi} + l \sum_{i=1}^n F_{ui}$$

где  $F_{ki} + F_{mi} + F_{ui}$  – вклады в величину  $F$  ковалентной, металлической, ионной компонент химической связи, обусловленные типом химической связи  $i$ ;  $n$  – число гомоядерных и гетероядерных химических связей;  $k, m, l$  – коэффициенты. Если химическая связь гомоядерная, то  $l=0$ . Если учитывается сумма металлической и ионной компонент химической связи, то значение коэффициентов  $m, l = 1, k = 0$ . Так основываясь на данной модели, были спрогнозированы и рассчитаны многие свойства полимеров (диэлектрическая проницаемость, общая энергия межмолекулярного взаимодействия, молярная теплоемкость, молярная поляризуемость и др.). Также представляется возможным синтеза полимеров с интервалом заданных свойств. Ввиду вышеизложенного актуальным и перспективным является разработка программы конструирования и прогнозирования свойств полимеров, включающая также компьютерное моделирование структуры полимера с заданным интервалом свойств.

### СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.314.21

#### ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

И.Р. ЯЛАЛОВ, УГАТУ, г. Уфа

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

Трансформатор является важным элементом любой электроэнергетической системы. В тех случаях, когда нормами и условиями пожарной безопасности не разрешается установка масляных и сухих трансформаторов, используют герметизированные трансформаторы (трансформаторы с жидким диэлектриком).

Герметизированные трансформаторы делятся на заполненные маслом; заполненные совтолом; заполненные элегазом.

Трансформаторы, заполненные маслом, изготавливаются в герметичном исполнении без расширителя и без газовой подушки, что

исключает увлажнение, окисление и шламообразование масла. Эти трансформаторы не требуют проведение профилактических, текущих и капитальных ремонтов в течение всего срока службы. Трансформаторы, заполненные совтолом, применяют, когда нормами не разрешается устанавливать маслonaполненные герметизированные трансформаторы. Конструкция трансформаторов, наполненных совтолом, подобна конструкции герметизированных маслonaполненных трансформаторов. Операции по монтажу, испытаниям, наладке этих трансформаторов аналогичны, за исключением операций, связанных с применением совтола.

Современные трансформаторы, заполненные элегазом, являются альтернативой масляным трансформаторам. Они считаются взрыво- и пожаробезопасными, однако реагируя с воздухом, элегаз образует очень ядовитые газы, наличие в атмосфере которых представляет серьезную опасность для здоровья человека.

Проведенный обзор литературных источников и патентная проработка позволили выявить достоинства и недостатки современных герметизированных: более низкая стоимость; обладают меньшими габаритами; не требуют технического обслуживания.

Таким образом, проведенный анализ определил основные задачи предстоящей работы: выбор и обоснование диэлектрической среды трансформатора, электромагнитный расчет, разработка программы расчета в среде Visual Basic.

Полученные результаты могут использоваться на предприятиях, изготавливающих герметизированные трансформаторы (например, ОАО «Электрозавод», г. Уфа).

УДК 543.423

## **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА**

О.А. ФИЛИНА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Ю.А. РЫЛОВ

В связи с интенсивным развитием спектральных методов анализа, в последнее десятилетие создаваемые высокопроизводительные устройства автоматизированного контроля находят всё большее применение и на предприятиях городского электрического транспорта. Основным

назначением внедряемых методов является дальнейшее повышение надёжности, эффективности и качества эксплуатации подвижного состава городского электрического транспорта. Решение перечисленных проблем должно осуществляться за счёт совершенствования средств технической диагностики отдельных узлов подвижного состава в процессе их изготовления, эксплуатации и последующего текущего ремонта.

Одним из существенных недостатков используемых устройств спектрального анализа является ограниченность области их практического применения. Они используются в основном для определения количественного химического состава отдельных компонентов металлов и их сплавов. При этом анализы проводятся по градуировочным графикам, построенным для каждого элемента известных марок материалов по комплектам государственных стандартных образцов (ГСО). Это обуславливает трудоёмкость процессов производственного контроля, приводит к снижению его производительности и экономической эффективности использования. Кроме этого, данные способы прямого преобразования измеряемого входного параметра в процентное содержание элементов недостаточно полно отражают параметры достоверности контроля при оценке точности получаемых результатов. Таким образом, весь процесс анализов зачастую сводится к приближённой оценке результатов контроля.

УДК 621.3

## **КОНТАКТНАЯ СЕТЬ**

А.Р. АХМАДУЛЛИНА, М.Р. МУХАМУТЬЯНОВ, С.В. МАЛАХИНСКИЙ,  
КГЭУ, г. Казань

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

Проблема развития высокоскоростного транспорта носит общенациональный характер. Ее решение позволило бы существенно улучшить ситуацию с организацией перевозок пассажиров на основных направлениях сети железных дорог, обеспечить увеличение пассажирооборота, сократить потребность в подвижном составе и в результате поднять престиж отечественных железных дорог и государства в международном аспекте.

Достижение скоростей движения 300 км/ч и выше является актуальной задачей для российских железных дорог. Железнодорожные перевозки

отличаются большей безопасностью по сравнению с другими видами транспорта и меньшим воздействием на окружающую среду.

Для решения поставленных задач необходимо, прежде всего, обеспечить повышение качества и эффективности токосъема с контактной сети при высоких скоростях движения подвижного состава.

Актуальность темы обусловлена тем, что увеличение скорости электроподвижного состава до 200–350 км/ч, как показывает отечественный и зарубежный опыт, значительно ухудшает динамические условия взаимодействия токоприемника с контактной подвеской и, кроме того, снижает безопасность эксплуатации электроподвижного состава. Нестабильное нажатие токоприемника приводит к быстрому износу полоза и контактного провода. Столкновения токоприемника с дефектами подвески ведут не только к его разрушению, но и к обрыву контактного провода, что является серьезным транспортным происшествием, вызывающим длительный выход из строя целого участка контактной сети.

Целью работы является исследование проблем повышения качества и надежности токосъема с контактной сети. Научная новизна работы заключается в усовершенствовании метода расчета волновых процессов в контактной подвеске и условий возникновения резонансных эффектов в системе токоприемник – контактная подвеска. На основании анализа спектров колебаний контактного провода сделана оценка групповой скорости распространения вертикальных волн.

УДК 621.311.04

## **НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

А.А. ХАМИТОВ, Р.Д. ХАМИДУЛЛИН, Д.Н. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Ю.А. РЫЛОВ

Цель нормирования – снижение потерь электроэнергии в электрических сетях до технико-экономически обоснованного уровня или поддержание потерь на этом уровне, а также обоснование тарифов на услуги по передаче электрической энергии по электрическим сетям.

Проблемы, возникшие на этапах подготовки обосновывающих материалов по нормативам потерь, их экспертизы, рассмотрения и утверждения:

- отсутствие у некоторых организаций программного обеспечения и необходимость сбора достоверных исходных данных для расчетов нормативов потерь;

- отсутствие достаточного количества современных приборов учета электроэнергии для достоверного расчета балансов электроэнергии как по сети в целом, так и по отдельным ее частям: по уровням напряжения, отдельным подстанциям, линиям, выделенным участкам сети;

- отсутствие методик и приборов учета электроэнергии для разделения потоков и соответственно потерь электроэнергии от собственного потребления и на оказание услуг по передаче электроэнергии субабонентам;

- недостаточное количество персонала для сбора и обработки данных по измерениям электроэнергии, нагрузок электрических сетей, выявления бездоговорного и безучетного потребления электроэнергии.

Пути совершенствования работы должны быть направлены в первую очередь на преодоление вышеперечисленных проблем, на практическую реализацию имеющихся резервов и должны носить комплексный, системный характер:

- организация и создание автоматизированной системы коммерческого учета электрической энергии;

- нормативное обеспечение процессов учета, нормирования и снижения потерь электрической энергии в электрических сетях;

- формирование и выполнение программ снижения потерь в единой национальной электрической сети;

- формирование и выполнение программ снижения потерь электрической энергии в распределительных сетях.

УДК 621.311.04

## **ПУНКТ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

Д.И. ИВАНОВ, Р.Д. ХАМИДУЛЛИН, А.А. ХАМИТОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Ю.А. РЫЛОВ

Основными задачами распределительного сетевого комплекса является обеспечение бесперебойного электроснабжения потребителей. Часто ВЛ характеризуются большой протяженностью от одного источника до другого, проходят по незаселенным территориям с неразвитой инфраструктурой, в районах с холодным климатом. Для регулирования (поддержания требуемого уровня) напряжения в сети может быть использован пункт автоматического



регулирования напряжения, который состоит из следующих основных элементов: вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ), низковольтных шкафов контроля и управления с микропроцессорным устройством, соединительных кабелей, нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН), разъединителей.

Вольтодобавочный трансформатор выполнен на базе однофазного масляного автотрансформатора наружной установки, имеющего общую и последовательную обмотки. Регулирование напряжения осуществляется под нагрузкой с помощью переключателя ступеней в диапазоне  $\pm 10\%$ . ВДТ оснащен встроенными измерительными трансформаторами тока и напряжения. Управление переключателем ступеней осуществляется от микропроцессорного устройства контроля и управления. Микропроцессорное устройство представляет собой шкаф управления. Разъединители используются для осуществления непрерывности электроснабжения при проведении ремонтных или профилактических работ с элементами пункта автоматического регулирования напряжения, а также обеспечивают видимый разрыв для выполнения безопасных методов работы персоналом. ОПН служат для защиты обмоток от возможных перенапряжений.

Вольтодобавочные трансформаторы устанавливаются в разрыв линии электропередач и являются оборудованием наружной установки с длительным режимом работы в умеренных климатических условиях по ГОСТ 15150.

Для выбора места установки ВДТ необходимо провести расчет падения напряжения в линии и определить необходимый диапазон регулирования ( $\pm 10\%$  или  $\pm 15\%$ ). После этого рассмотреть место установки с точки зрения минимизации потерь напряжения и мощности в линии и организации подъездных путей для монтажа и обслуживания.

УДК 621.311

## **ВЛИЯНИЕ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

А.П. ДЕРБЕНЕВ, С.В. МАЛАХИНСКИЙ, И.И. ЮСУПОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН;  
доц. Н.А. КРАСНОВ

Реактивная мощность негативно влияет на показатели работы энергосистемы, т.е. загрузка реактивными токами генераторов

электростанций увеличивает расход топлива; увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках, увеличивается падение напряжения в сетях. Реактивный ток дополнительно нагружает линии электропередачи, что приводит к увеличению сечений проводов и кабелей и соответственно к увеличению капитальных затрат на внешние и внутривидовые сети.

Компенсация реактивной мощности, в настоящее время, является немаловажным фактором, позволяющим решить вопрос энергосбережения практически на любом предприятии. По оценкам отечественных и ведущих зарубежных специалистов, доля энергоресурсов составляет величину порядка 30–40 % от стоимости продукции. Компенсация реактивной мощности является одним из путей для решения вопроса энергосбережения. Основные потребители реактивной мощности – асинхронные электродвигатели, которые потребляют 40 % всей мощности совместно с бытовыми и собственными нуждами; электрические печи 8 %; преобразователи 10 %; трансформаторы всех ступеней трансформации 35 %; линии электропередач 7 %.

В докладе рассматриваются пути снижения реактивной мощности, потребляемой из сети, за счёт использования конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности, что позволяет разгрузить питающие линии электропередачи, трансформаторы и распределительные устройства; снизить расходы на оплату электроэнергии при использовании определенного типа установок, снизить уровень высших гармоник; подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз; сделать распределительные сети более надежными и экономичными.

УДК 621.311.04

## **МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ**

Р.Д. ХАМИДУЛЛИН, А.А. ХАМИТОВ, Д.Н. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Ю.А. РЫЛОВ

Электроэнергетика, включая все её звенья, создавалась для единой цели – обеспечения надежной и экономичной работы при рациональном расходовании энергоресурсов и бесперебойном энергоснабжении потребителей электроэнергией требуемого качества. Такая работа, в настоящее время, осуществляется с помощью автоматизированных систем

управления, которая состоит из средств вычислительной техники, связи, телемеханики, систем автоматики и комплексов программного обеспечения.

В составе таких систем входит:

- системы автоматического управления режимами – системы релейной защиты, противоаварийной автоматики и автоматического управления нормальными режимами по частоте и активной мощности (АРЧМ);

- оперативно-информационные и управляющие комплексы (ОИУК), обеспечивающие в реальном времени дежурного диспетчера информацией о текущем режиме, управление диспетчерским щитом, ведение суточной диспетчерской ведомости и пр.;

- системы оперативного управления внутри суточного периода (советчик диспетчера), обеспечивающие внутрисуточную коррекцию режима по активной мощности и напряжению, оперативную оценку надежности;

- системы краткосрочного (сутки, неделя) и долгосрочного (месяц, квартал, год) планирования энергетических и электрических режимов;

- системы автоматизации коммерческого учета и контроля электроэнергии и мощности (АСКУЭ).

Введение таких систем на базе многопроцессорных модулей и программ позволяет достичь экономии и надежности энергосистем. Работая под управлением операционной системы класса Window NT, с применением интерфейса OPC (Ole for Process Control) способствует быстрой и надежной передаче информации об объекте. Программное обеспечение строится по принципу клиент-сервер и может контролировать множество объектов.

УДК 621.318.1

## **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕМАГНИТНОГО ПРОМЕЖУТКА В ФЕРРОМАГНИТНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

З.И. ГУБАЙДУЛЛИНА, Ю.В. РАХМАНОВА, УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ

При изготовлении любого современного электромагнитного устройства применяются ферромагнитные материалы, обладающие способностью намагничиваться под влиянием внешнего магнитного поля. К таким материалам относятся электротехническая сталь, аморфная сталь, ферриты, магнитодиэлектрики. В трансформаторах применяют сталь марки 3414, в выключателях и контакторах сталь Э330А.

Анализ и синтез магнитных цепей достаточно сложен, что объясняется нелинейной зависимостью магнитной индукции от напряжённости магнитного поля, поэтому исследования в этой области являются актуальными. При расчетах используют следующие допущения: магнитная напряженность и индукция, во всех точках поперечного сечения магнитопровода одинаковы; потоки рассеяния отсутствуют; не учитываются выпучивания линий магнитной индукции в воздушных зазорах, а также в узлах разветвлении потоков и местах резких перегибов магнитной цепи.

В электромагнитах ряда устройств магнитопровод может быть не полностью замкнут, так как на пути основного рабочего магнитного потока должен быть обязательно рабочий (воздушный) зазор, в пределах которого совершается перемещение якоря. Наличие воздушных промежутков на пути рабочего потока приводит к появлению потоков рассеяния, замыкающихся по воздуху между отдельными частями магнитопровода. Воздушный зазор, созданный в сердечнике, имеет размагничивающий эффект, приводящий к сдвигу петли гистерезиса и понижению магнитной проницаемости материалов. Величина воздушного зазора зависит от кривой намагничивания и индукции  $B_{\max}$  материала. Чем больше  $B_{\max}$ , тем больше можно сделать воздушный зазор.

Проведенный анализ определил дальнейшую цель работы – проведение анализа и расчета магнитных полей с учетом насыщения и изменения зазора, разработка математической модели ферромагнитных модулей с изменяющимся зазором, а также построение картины электромагнитного поля ферромагнитного модуля при изменении немагнитного промежутка.

УДК 621.3.014

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВТОРНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ**

Е.М. ШИШКОВ, А.В. ТАНАЕВ, С.А. ЗВЕРЕВ, СамГТУ, г. Самара  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. МЯКИШЕВ

Процесс повторного зажигания и устойчивого горения сварочной дуги определяется динамическими свойствами системы «источник питания – электрическая дуга». В общем случае оба объекта в динамическом режиме являются нелинейными элементами.

Установлено, что в процессе повторного возбуждения сварочной дуги восстанавливающаяся прочность дугового промежутка изменяется по

экспоненциальному закону. Характер протекания динамических процессов в дуговом промежутке определяется параметрами сварочного трансформатора, схема замещения которого (рис. 1) может быть описана системой дифференциальных уравнений третьего порядка.

В результате решения данной системы средствами программного комплекса MathCAD получена кривая изменения напряжения на дуговом промежутке. Эти результаты хорошо согласуются с экспериментальными кривыми, полученными с помощью индикатора восстанавливающегося напряжения (рис. 2).

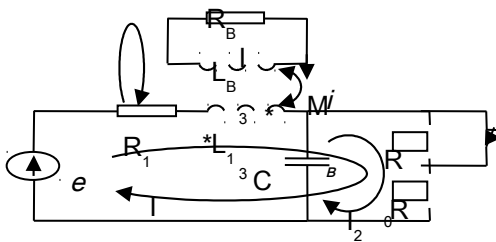


Рис. 1. Схема замещения сварочного трансформатора

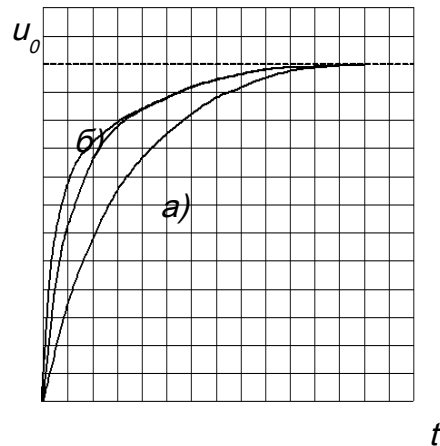


Рис. 2. Расчётная (а) и экспериментальные (б) кривые изменения напряжения на электродах в процессе повторного возбуждения дуги

УДК 621.331(075.8)

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

И.С. ЛАЗАРЕВ, А.В. ШКАБЕРИН, Д.И. ЛОПУХОВ, А.Н. ХУСНУТДИНОВ,  
КГЭУ, г. Казань

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

Важнейшей задачей всех служб железнодорожного транспорта является:

- повышение уровня электрификации, механизации и автоматизации технологических процессов;
- существенный подъём производительности и энерговооружённости труда;

- обеспечение более экономичного использования электрической энергии путём внедрения новой техники и усовершенствования оборудования;

- усовершенствование и автоматизация учёта и контроля за использованием энергоресурсов.

В общем балансе электроэнергии, потребляемой предприятиями железнодорожного транспорта, нетяговые потребители занимают около 30 %. Наиболее крупные нетяговые потребители железнодорожного транспорта сосредоточены на сортировочных и участковых станциях и на железнодорожных узлах. Электроснабжение этих потребителей выполняется, как правило, с использованием схем, принятых для электроснабжения промышленных предприятий. За последнее десятилетие созданы новые конструкции и виды электротехнического оборудования силовых и измерительных трансформаторов, реакторов, ячеек типа КСО, коммутационных аппаратов, устройств защиты от перенапряжений.

Общая цель обновления устройств электроснабжения нетяговых потребителей заключается в сочетании качественного повышения технико-эксплуатационных, энергетических, экономических показателей работы системы электроснабжения с минимизацией затрат на проведение модернизации при учете реальных или планируемых объемов грузопотока.

Наряду с этим при переходе на рыночные отношения в электроэнергетике возникла необходимость внедрения новых счётчиков электроэнергии и создания каналов связи для её автоматизированного учёта.

УДК 621.3

## **КОММУТИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРОЩЕТОК**

Р.Е. МАКСИМОВ, Г.Г. ГАЗИЗОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Коммутирующая способность является важнейшей характеристикой электрического скользящего контакта. Это обусловлено тем, что при неудовлетворительном протекании процесса коммутации длительная эксплуатация коллекторных электрических машин оказывается невозможной, и прочие показатели работы элементов контакта утрачивают свое практическое значение.

Степени искрения на коллекторе варьируются в пределах от 1 до 3. При номинальном режиме работы электрических машин степень искрения (класс

коммутации) не должен превышать 1,5. Таким образом, система определения допустимого класса коммутации оценивает работу скользящего контакта не по светотехническому эффекту, а по результатам реального воздействия на коллекторе. Недопустимым является такое искрение, при котором на поверхности контакта появляются следы почернения, не устранимые протиранием. Выполнение последнего требования составляет предмет особых забот конструкторов и расчетчиков электрических машин, стремящихся свести искрение в скользящем контакте к минимально возможному пределу.

УДК 621.316

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

**А.А ИБРАГИМОВ, А.Н. ХУСНУТДИНОВ, Р.Е. МАКСИМОВ,**  
КГЭУ, г. Казань

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

Уровень сложности оборудования в сфере компьютерных технологий постоянно повышается. Поэтому системы обеспечения качества электроснабжения должны быть разработаны таким образом, чтобы они были способны справиться с широким спектром проблем, начиная от провалов, колебаний, выбросов напряжения, высокочастотных шумов, импульсных помех и заканчивая обеспечением электропитанием при полном отсутствии напряжения промышленной сети. Одну из таких проблем представляют искажения формы напряжения, вызванные гармоническими составляющими тока, потребляемого нелинейной нагрузкой.

Большая часть компьютерного и офисного оборудования представляет собой нелинейную электрическую нагрузку, что создает искажения в питающей сети. Суммарный эффект этих нагрузок выражается в искажении напряжения, которое воздействует на другое оборудование, получающее электропитание от того же источника. Это может вызывать перегрев и рассинхронизацию в других устройствах, сбои в коммуникациях и сетях передачи данных, повреждение аппаратуры и другие нежелательные эффекты.

Степень искажений может быть определена коэффициентом искажения синусоидальности  $K_n$  (отношением действующего значения высших гармонических к действующему значению основной (первой) гармоники) и

коэффициентом амплитуды (крест-фактором) нагрузки  $K_a$  (отношением пикового значения потребляемого тока к его действующему значению).

УДК 62-52

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Д.И. ЛОПУХОВ, Е.В. РЮМИН, А.Р. АХМАДУЛЛИНА,

М.Р. МУХАМУТЪЯНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

канд. техн. наук, доц. П.П. ПАВЛОВ

Электромеханическая система, снабжённая устройствами автоматического управления, обеспечивающего оптимальное (в смысле производительности, качества получаемой продукции, минимизации материальных и энергетических затрат) управление движением рабочих органов в соответствии с условиями технологического процесса – это автоматизированная автомеханическая система.

В настоящее время предметом поставки являются стандартные изделия – набор унифицированных системных элементов управления для каждого типа машин. Функциональными модулями решаются такие технологические задачи, как позиционирование и регулирование технологического параметра с обратной связью. Такими же функциональными модулями являются преобразователи и двигатели. Только точно и надёжно управляемые приводы обеспечивают правильную работу машин. Для этого используются надёжная система приводов в двигателях и преобразователи для асинхронных и синхронных электродвигателей с большой динамикой при минимальных габаритах.

Возникла концепция интеллектуального электропривода, основной идеей которой является уменьшение стоимости программного обеспечения и замена сложной и дорогостоящей механики. Этим интеллектуальным приводом решаются такие сложные функции, как, например, синхронное движение, угловая синхронизация и другие специфические задачи регулирования, интегрированные в привод технологическим программным обеспечением.

Из этих программных модулей можно легко реализовать специфические пользовательские приложения, например электронный редуктор. Такое применение может быть реализовано как центральное



решение на основе контроллера или как децентрализованное решение непосредственно в преобразователях привода (децентрализованный привод).

УДК 621.311

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЯ С УЧЁТОМ КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

А.В. ШКАБЕРИН, А.Н. ХУСНУТДИНОВ, Р.Е. МАКСИМОВ,  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН;  
канд. техн. наук, доц. П.П. ПАВЛОВ

Компенсация реактивной мощности (КРМ) является высокоэффективным средством энергосбережения и улучшения качества электроэнергии по напряжению. Кроме этого, КРМ увеличивает пропускную способность линий электропередачи, силовых трансформаторов, коммутационно-защитных электроаппаратов и других силовых элементов систем электроснабжения. Уменьшение потерь мощности в сетях и электроустановках потребителя, связанное с КРМ, позволяет снизить долю участия потребителя в максимуме нагрузки питающей энергосистемы.

Для предприятий с большим количеством синхронных электродвигателей может быть реализована система автоматического управления их возбуждением. На основе поступающей информации о потреблении реактивной мощности и режимах работы двигателей устройство управления вырабатывает команды по регулированию возбуждения. Управляющие воздействия направляются в системы возбуждения двигателей с учётом их индивидуальных особенностей. В докладе рассматривается вопрос оптимизации режима реактивной мощности потребителя с учётом компенсирующей способности синхронных электродвигателей. Подобная система управления реализуется и на базе комплекса компенсирующих устройств, в состав которого входят не только синхронные электродвигатели, но и другие виды источников реактивной мощности.

УДК 621.311

## **ПОТЕРИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПОТРЕБЛЕНИЕМ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

И.И. ЮСУПОВ, А.Н. АДИГАМОВА, Е.В. РЮМИН, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН;  
доц. Н.А. КРАСНОВ

Известно, что электрическая энергия производится, передается, распределяется и потребляется в основном на переменном токе. На переменном токе, в отличие от постоянного, помимо активного сопротивления необходимо также учитывать индуктивные и ёмкостные сопротивления, называемые реактивными.

Все без исключения электроприемники переменного тока являются потребителями и реактивной мощности (РМ). Потребителями РМ являются приемники электроэнергии, которые по принципу своего действия используют переменное магнитное поле: асинхронные двигатели, индукционные печи, сварочные трансформаторы, выпрямители и т.п., а также звенья электрической сети – трансформаторы, линии электропередачи, реакторы и другое оборудование.

Потребление активной (АМ) и реактивной мощности всегда сопровождается потерями. Имеется существенная разница в соотношении потребления и потерь АМ и РМ. Основная часть АМ потребляется электроприемниками и лишь незначительная (около 10 %) теряется в элементах сети. РМ в элементах сети и электрооборудовании обычно соизмерима по величине с активной мощностью, потребляемой электроприемниками.

Передача РМ от генераторов электростанций по электрической сети к потребителям вызывает в сети затраты АМ в виде потерь и дополнительно загружает элементы электрической сети, снижая их общую пропускную способность. Поэтому, как правило, увеличение выдачи РМ генераторами станций с целью доставки ее потребителям нецелесообразно, а наибольший экономический эффект достигается при размещении компенсирующих устройств вблизи потребляющих РМ электроприемников.

УДК 621.315.21

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ НА КАБЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Н.М. ЗИЯЕВА, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. асс. И.В. ФЛЕМИНГ

В современной энергетике значительная часть воздушных линий эксплуатируется за пределами нормативного срока службы и требует замены. В связи с этим возникла необходимость прокладки новых воздушных линий, которые бы обеспечили надежную передачу электроэнергии. Учитывая вышеизложенное, наиболее распространенным на сегодняшний день является применение самонесущих изолированных проводов (СИП).

Изоляцию СИП изготавливают из светостабилизированной композиции силанольно-сшиваемого полиэтилена. Существует три наиболее известных способа силанольного сшивания: Sioplas, Monosil и Drysil. Наиболее технологичным процессом, позволяющим использовать обычное оборудование и получившим широкое распространение в России, является метод Drysil.

На сегодняшний день широкое применение в качестве изоляционного материала СИП получил полиэтилен марки Visico (производство Borealis) благодаря высоким электрическим и механическим характеристикам.

Для контроля качества СИП согласно ГОСТ Р 52373-2005 назначаются следующие категории испытаний: приемо-сдаточные, периодические, типовые и испытания на надежность.

При производстве СИП существующих методов контроля качества недостаточно для выявления определенных видов дефектов, которые возникают в процессе изготовления кабельного изделия. Следовательно, выявление дефектов в процессе изготовления на сегодняшний день является важной задачей.

Возникновение дефектов в изоляции связано в основном с нарушением технологического процесса изготовления. Для предотвращения возникновения дефектов необходимо увеличить контролируемые параметры, т. е. отследить возникновение дефектов на каждом этапе производства, а именно при волочении проволоки, скрутке ТПЖ и ее уплотнении, а также при наложении изоляции.

УДК 621

## СОВРЕМЕННЫЕ АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИИ 4А И 5А

Р.Р. АХМЕТОВ, АГНИ., г. Альметьевск  
Науч. рук. ст. преп. А.Н. ЯКУНИН

Асинхронные двигатели – наиболее распространенный вид электрических машин приводов различных механизмов, которые потребляют в настоящее время около 65 % всей вырабатываемой в мире электроэнергии. Причем их установленная мощность постоянно возрастает. Низковольтные асинхронные электродвигатели общего назначения мощностью 0,25...400 кВт составляют основу электропривода, применяемого во всех областях человеческой деятельности.

Ведущие фирмы-производители выпускают энергосберегающие стандартные асинхронные двигатели мощностью 15-30 кВт и более. В этих двигателях потери электроэнергии снижены не менее чем на 10 % по сравнению с ранее производимыми двигателями с «нормальным» КПД.

Технико-экономические расчеты современных двигателей показывают, что дополнительные затраты, связанные с приобретением энергосберегающих электродвигателей, окупаются за счет экономии электроэнергии за 2–3 года в зависимости от мощности двигателя. При этом срок окупаемости более мощных двигателей меньше, так как эти двигатели имеют большую годовую наработку и более высокий коэффициент загрузки.

Новые серии асинхронных электродвигателей имеют взрывонепроницаемое исполнение. Такие двигатели предназначены для стационарных насосов, компрессоров и других быстроходных механизмов во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров с воздухом 1, 2, 3 категории и групп Т1, Т2, Т3, Т4 или смесей пыли с воздухом, температура тления или воспламенения которых выше 185 °С.

Внедрение современных двигатели серии 5А и 6А позволит, по сравнению с серией 4А, достичь: улучшения энергетических показателей, улучшения пусковых характеристик, повышения показателей надежности, улучшения виброакустических характеристик, снижения расхода активных материалов, уменьшения масс АЛ и конструктивных материалов на 15–20 %.

## СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА

УДК 621.313

### **ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ–АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»**

Н.В. АНДРЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Пользователя средствами измерений интересует в конечном итоге качество функционирования системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Оно характеризуется рядом показателей, среди которых можно выделить несколько групп показателей качества: показатели технического эффекта, показатели надежности, показатели экономичного использования ресурсов, эргономические показатели, эстетические показатели, экологические показатели, показатели безопасности и др.

Показатели технического эффекта (назначения) – это показатели, характеризующие полезный эффект от эксплуатации продукции по назначению и обслуживающие область ее применения. Например, погрешность измерений.

В данной работе рассмотрены основные погрешности, влияющие на качество функционирования системы ПЧ-АД, такие как: случайная, систематическая, инструментальная и методическая. Систематические погрешности не изменяются с течением времени. Они могут быть почти полностью устранены введением соответствующих поправок.

Случайные погрешности – непредсказуемые ни по знаку, ни по размеру. Они определяются сложной совокупностью причин, трудно поддающихся анализу. Согласно ГОСТ 16263-70 инструментальными погрешностями называются такие, которые присущи данной системе ПЧ-АД, т.е. могут быть определены при ее испытаниях и должны быть указаны в его паспорте. Методические погрешности вызваны методом, положенным в основу действия прибора, и не зависят от разработчика и изготовителя. Они не могут быть приписаны прибору и указаны в его паспорте.

В докладе приводятся результаты расчетно-экспериментального оценивания погрешностей измерений мгновенных значений токов и напряжений на выходах преобразователя частоты. Процедура оценивания

основана на имитационном моделировании случайного числа случайных функций по выборкам малого объема.

УДК 621.313

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ–АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»**

Д.Д. АХУНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В докладе приводятся результаты экспериментальных исследований точности функционирования систем преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Точность функционирования подобных систем заключается в обеспечении требуемых мгновенных значений токов и напряжений в фазах обмоток статора асинхронного электродвигателя, задаваемых на основе расчетов по математической модели в соответствии с алгоритмом векторного управления скоростью асинхронного двигателя (АД).

Основными элементами исследуемого комплектного электропривода являются: преобразователь частоты VLT FC302 фирмы Danfoss и асинхронный двигатель АИР 90L У2. В состав экспериментального стенда включен персональный компьютер, соединенный с датчиками тока, установленными на выходах ПЧ.

В ходе эксперимента задавались 10 различных уставок скорости вращения вала двигателя АД. Измеренные значения токов в фазах заносились в память ПК и подвергались графической обработке. Для установления факта наличия погрешностей функционирования ПЧ экспериментальные кривые токов сравнивались с кривыми, построенными в результате решения математической модели. Результаты сравнения показывают наличие значимых расхождений между результатами измерений и расчетами. Это позволяет говорить о необходимости проведения подобных исследований на комплектных электроприводах других серий и фирм производителей с целью определения метрологических характеристик ПЧ.

УДК 539.171

## **РЕЛАКСОМЕТР ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА НА РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЕ 9,2 МГц ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ, СОСТАВА НЕФТИ, ТОПЛИВ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ**

Э.Г. ГАЗИЗОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.С. КАШАЕВ

Релаксометры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) находят все большее применение в научных исследованиях и промышленном экспресс-анализе в энергетике для анализа качества топлив, сырья, определения концентрации серы, воды, асфальтенов, смол, парафинов, вязкости, плотности, дисперсного распределения капель в топливных эмульсиях, а также в экологии. Поэтому актуальной является разработка релаксометров с усовершенствованными и улучшенными характеристиками.

Для анализа высоковязких нефтей, нефтепродуктов и природных битумов авторами разработана установка – лабораторный релаксометр ЯМР. Он способен осуществлять экспресс-контроль и неразрушающий анализ в неконтактном, автоматическом режиме.

Релаксометр ЯМР состоит из следующих блоков: генератор высокой частоты, многоканальный программируемый генератор синхроимпульсов, датчик ЯМР, передатчик (усилитель мощности), приемник, аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Для измерения времен релаксации используется последовательность импульсов Хана и Карра-Парселла-Мейбум-Гилла.

Принцип работы релаксометра следующий: генератор вырабатывает радиочастотные колебания на удвоенной резонансной частоте, далее с помощью многоканального программируемого генератора синхроимпульсов вырабатываются высокочастотные радиоимпульсы, которые, усиливаясь в усилителе мощности, поступают на катушку датчика, настроенную на магнитный резонанс протонов анализируемого вещества. С катушки датчика отклик на импульсное возбуждение в виде сигналов спин-эхо через приемник передается в АЦП, где он оцифровывается и в виде двоичного кода поступает в контроллер, расположенный в слоте ЭВМ. Контроллер обеспечивает аппаратный интерфейс с ЭВМ.

Преимущества данного релаксометра следующие: магнитная система имеет малые габаритные размеры, что делает его переносным; магнит имеет большое магнитное поле  $H_0$ , равное 0,216 Тл, что соответствует резонансной

частоте релаксометра  $f = 9,2$  МГц, соответственно он имеет большую чувствительность при большом диаметре ампулы; катушка индуктивности датчика – многослойная, что существенно повышает однородность поля импульса  $H_1$  и равномерность распределения в образце.

УДК 621.3

## **ЭЛЕКТРОПРИВОД ШПРИЦМАШИН НА ОСНОВЕ ДВУХЗВЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ**

Р.Н. ГАНИЕВ, НХТИ, г. Нижнекамск  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Н. СИДОРОВ;  
канд. техн. наук, доц. Н.И. ГОРБАЧЕВСКИЙ

Профилируемые заготовки для протекторов автошин получают путем экструзии (шприцевания) резиновой смеси с помощью шприцмашин (ШМ). Шнек ШМ, как правило, приводится во вращение электроприводом постоянного тока (ЭППТ). Нагрузка на валу шнека ШМ имеет резкопеременный характер, вследствие флуктуации давления смеси, чем обусловлено появление дефектов заготовок. Проблему можно решить путем стабилизации скорости экструзии, внедрением частотно-токового регулируемого ЭП (ЧТЭП). Регулирование скорости в таких системах производится в условиях постоянства потока возбуждения. Согласованная фазовая ориентация векторов статора  $I_s$  и потокосцепления ротора  $\psi_r = \text{const}$  позволяет получить высокое качество регулирования под нагрузкой подобно ЭППТ. Наиболее приемлемой структурой для реализации подобных систем является двухзвенный ПЧ с активным выпрямителем (АВ) и автономным инвертором напряжения (АИН) на полностью управляемых ключах IGBT. Принудительное задание величины и фазы тока достигается за счет установки на входе схемы АВ и переводом АИН в режим источника тока. Система управления ключами выполняется по принципу каскадного включения регулятора тока и скорости при косвенном задании частоты тока. При этом угол поворота вектора статорного напряжения задается периодическим интегрированием частоты тока с помощью интегратора, а требуемые значения угла нагрузки  $\delta$  и модуля тока статора  $I_{SM}$  получают с помощью функциональных преобразователей согласно уравнениям:

$$\delta = \arctg(\omega_p T_r)$$

$$I_{SM} = \frac{\psi_r}{L_\mu} \sqrt{1 + (\omega_p T_r)^2}$$



Отличительной особенностью схемы является отсутствие обратных диодов и конденсатора в звене постоянного тока. Конденсатор подключен к выходным цепям ДПЧ. Это позволяет реализовать возможность получения необходимой фазы тока статорных обмоток, а также обеспечить защиту от перенапряжений в случае аварийного прерывания реактивных токов.

Результаты компьютерного моделирования подтверждают, что такая конфигурация силовых цепей обладает более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с традиционной схемой ПЧ с неуправляемым выпрямителем.

УДК 621.3

## **КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

И.Р. ЛАТИПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Наличие функциональной избыточности в структуре большинства электротехнических комплексов приводит к тому, что появление отказов отдельных элементов или значительные изменения тех или иных рабочих параметров, как правило, не выводят систему из строя, но ухудшают её эффективность и качество. Для оценки качества функционирования таких систем целесообразно ввести количественный показатель эффективности функционирования, учитывающий влияние отказов электрооборудования.

В докладе рассматриваются вопросы оценки эффективности и качества функционирования электротехнического комплекса ремонтных предприятий.

Для повышения эффективности и качества функционирования электротехнических комплексов ремонтных предприятий необходимо решить следующие задачи:

- оценить эффективность функционирования электротехнического комплекса;
- провести прогнозирование наработки между отказами;
- на основании ранее проводимых ремонтно-испытательных работ определить необходимость повышения надёжности отдельных элементов комплекса.

Необходимо разделить комплекс на отдельные элементы с учётом специфики оборудования и процесса функционирования. Определить возможность применения устройств регулирования и автоматизации,

которые обеспечили бы повышение эффективности производственного цикла. Оценить состояния системы, непосредственно влияющие на эффективность её использования. Провести оценку функционирования и влияния различных устройств и их электромагнитную совместимость в каждом конкретном случае. Результатом является обоснование затрат на повышение эффективности и качества функционирования электротехнического комплекса.

УДК 621.314.001.5

## **ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ**

А.А. ЛУКИН, А.А. НИКОЛАЕВ, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Р. ХРАМШИН

Электроприводы клеток прокатных станов являются наиболее энергоемкими потребителями электрической энергии металлургических предприятий. Достаточно отметить, что установленная мощность электрооборудования широкополосного стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» составляет 362 МВ·А. Годовое потребление электроэнергии листопркатным цехом № 10 (ЛПЦ-10), где расположен стан 2000, превышает 390 млн кВт·ч. Установленная мощность электроприводов (ЭП) клеток стана 2000 составляет 139 МВт, в том числе более 96 МВт (26,6 %) приходится на долю главных ЭП чистовой группы. Единичная мощность электропривода чистовой клетки достигает 16 МВт.

Энергетические показатели подобных электроприводов далеки от оптимальных. По оценкам специалистов превышение потерь над минимально возможными составляет 200–250 %. Отсюда следует, что использование резервов экономии электрической энергии в столь мощных потребителях является актуальной научной и практической задачей.

При разработке новых алгоритмов и систем управления, наряду со снижением энергопотребления, во главу угла ставятся вопросы сохранения высоких динамических характеристик и показателей надежности электропривода. Любая остановка непрерывной технологической линии, вызванная недостаточным запасом тиристорного преобразователя по напряжению, приводит к неоправданным потерям, составляющим миллионы рублей. В связи с этим вопросы снижения энергопотребления, сохранения высоких динамических характеристик и показателей надежности должны

решаться в комплексе. Это определяет сложность и высокую наукоемкость решаемых задач.

Снижение потерь электрической энергии может быть обеспечено за счет перераспределения запаса выпрямленной ЭДС тиристорного преобразователя в установившихся и динамических режимах. Это позволит снизить потребление реактивной мощности на 15–35 % без применения компенсирующих устройств и за счет этого добиться снижения потерь электрической энергии на 12–20 %. Данные результаты обеспечиваются за счет схемотехнических решений в системах управления, т.е. практически без капитальных затрат.

УДК 538.69.083.2

## **ОБЗОР МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ РАСЩЕПЛЁННОГО СИГНАЛА СПИНОВОГО ЭХА В ЯДЕРНО-МАГНИТНОМ РЕЗОНАНСЕ ТЕКУЩЕЙ ЖИДКОСТИ**

А.С. МАЛАЦИОН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук. проф. Н.К. АНДРЕЕВ

Одним из важных приложений ЯМР является расходомерия, в основе которой лежит зависимость огибающей сигнала ЯМР от расхода потока жидкости или газа. В работе анализируются следующие механизмы формирования расщеплённого формирования сигналов спинового эха:

- краевые эффекты, обусловленные конечным размером приёмно-передающих катушек;
- сложная структура ламинарных и турбулентных потоков;
- вихреобразование в потоке;
- вихреобразование акустической модуляцией потока.

При анализе формы эха учитываются две особенности: 1) геометрия поля приёмной катушки не соответствует её теоретической модели, цилиндру с плоскими основаниями; 2) в импульсной последовательности для получения стимулированного эха минимум огибающей сигналов эха может накладываться с особенностями концевой эха. Тогда могут наблюдаться сигналы эха с несколькими максимумами.

Во втором случае процесс формирования эха рассматривается в «бесконечной» приёмной катушке системы Блоха, намотанной на круглый трубопровод. Для уточнения теоретической формы сигнала эха при расчёте используются сложные профили распределения и пульсаций скоростей в

объёме трубки для ламинарных и турбулентных потоков. При определённых соотношениях градиента магнитного поля и скорости течения жидкости в турбулентном потоке сигнал эха может и вовсе не возникнуть.

Третий механизм может быть обусловлен замкнутыми вихрями, которые всегда присутствуют в турбулентном потоке, в случае если вихри вращаются примерно в одну сторону, преимущественно на частоте  $\omega$ . С ростом скорости течения вначале наблюдается сигнал эха в момент  $4\tau$ . Затем по мере роста скорости течения сигнал эха расщепляется, появляются два пика, которые постепенно расходятся и становятся не равными по амплитуде.

Четвёртый механизм формирования сигнала эхо происходит в процессе ультразвуковой накачки парамагнитной жидкости. Под действием звука в исследуемой трубке с жидкостью возникают акустические течения, вследствие которых образуется два замкнутых вихря, вращающихся во взаимно противоположных направлениях на частотах  $\pm\Omega$ . Наличие собственной частоты вращения  $\omega_0$  частиц в вихре приведёт к расщеплению сигнала спинового эха относительно момента  $2\tau$ .

УДК 621.38

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»**

Е.Л. МАТВЕЕВ, И.А. СЛЕПЕЦ, УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. кан. техн. наук, доц. Р.Н. СУЛТАНГАЛЕЕВ

Вентильные двигатели (ВД) применяются в промышленных системах автоматизации, роботах, принтерах и плоттерах, в авиационной и медицинской технике, также в тяговом электроприводе (электротранспорт). ВД обладают всеми преимуществами коллекторного двигателя постоянного тока, но их важными особенностями являются отсутствие щеточно-коллекторного узла и наилучшие энергетические показатели (КПД и коэффициент мощности). Формирование требуемой жесткости механических характеристик осуществляется введением обратной связи по току и скорости.

Авторами спроектирован стенд для изучения принципа действия ВД, исследования его статических и динамических характеристик при замкнутом контуре тока и замкнутом (разомкнутом) контуре скорости. Диапазон мощностей ВД от 110 до 2200 Вт.

Лабораторный стенд состоит из:

- электромеханического агрегата, состоящего из двигателя [BLY 341D-48V-3200](#) с номинальной мощностью 110 Вт и нагрузочного устройства, в качестве которого используется двигатель постоянного тока, работающий в режиме динамического торможения;

- пускорегулирующей аппаратуры и модуля питания, который обеспечивает постоянное напряжение 48 В;

- приборного блока, включающего драйвер ВД MDC100-050101 и электроизмерительные приборы;

- электронного блока и графического ЖКИ-индикатора.

Стенд предназначен для проведения лабораторной работы «Исследование вентильных двигателей» по дисциплинам «Автоматизированный электропривод» и «Микропроцессорное управление в электромеханических системах» специальности 140601 – «Электромеханика» и позволяет: исследовать процессы управления ВД с помощью микропроцессорной техники; получать опытным путем статические характеристики; получать на экране графического ЖКИ-индикатора графики переходных процессов при пуске, реверсе и торможении на холостом ходу и с нагрузкой.

Таким образом, предлагаемый лабораторный стенд позволяет исследовать динамические процессы в ВД в реальном времени, с выводом динамических характеристик на графический ЖКИ-индикатор.

УДК 681.518

## **ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ**

Л.К. НАБИУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Н.К. АНДРЕЕВ

Во время оценки состояния трубопроводов и скважин низкочастотным методом эхо-локации источником звуковых колебаний является пьезоэлектрический преобразователь. Данное устройство предназначено для преобразования электрической (акустической) энергии в акустическую (электрическую). Принцип работы преобразователя основан на использовании пьезоэлектрического эффекта. Электрический высокочастотный генератор импульсов вырабатывает импульсы напряжения, которые с помощью возбуждителя, т.е. пьезоэлектрического преобразователя, превращаются в импульсы звука. Возбудитель соединен с контролируемой поверхностью, чтобы импульсы звука пронизывали изделие и отражались от

дефектов. Отраженные импульсы попадают в пьезокерамический приемник, в котором происходит превращение звуковых импульсов в электрические.

Преобразователи подразделяют по условию применения, направлению ввода упругих колебаний в контролируемое изделие, способу включения пьезопластин и т.д. Согласно ГОСТ 23702-79 параметры и характеристики преобразователей следующие: частота максимума преобразования, полоса пропускания частот, коэффициент преобразования, ширина диаграммы направленности, угол ввода  $\alpha$ , фокусное расстояние  $F$ , диаметр выявляемого дефекта, минимальная и максимальная глубина его залегания, срок службы, габаритные размеры и масса.

В дефектоскопии наиболее удобно применять контактный преобразователь. Пьезопластина (пьезокерамический элемент) в контактном прямом совмещенном пьезопреобразователе прижата с одной стороны к демпферу, с другой – к протектору. Пьезопластина, демпфер и протектор, склеенные между собой, называются вибратором. Вибратор размещен в корпусе и с помощью выводов соединён с электронным блоком дефектоскопа. Корпус служит для обеспечения прочности конструкции, а также для экранирования от электромагнитных помех.

Пьезокерамический элемент разработан в двух вариантах: тип пьезоэлемента (ПЭ1–ПЭ4) – ЦТС<sub>7</sub>БС–1, емкость – 2 нФ; ЦТС–19, емкость 1 нФ. Демпфер сделан из свинца, неперпендикулярность к оси демпфера не более 0,1 мм. Протектор – стеклотекстолит фольгированный односторонний.

УДК 62-83:621.313.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЗАВИСИМОГО ИНВЕРТОРА ТОКА В ЗОНЕ НУЛЕВОЙ СКОРОСТИ**

Е.Г. ПАЙМУРЗОВ, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары

Мощные высоковольтные синхронные электродвигатели (СЭД) широко распространены в нефтегазовой, добывающей и перерабатывающей отраслях промышленности. Тиристорный преобразователь частоты по схеме зависимого инвертора тока (ПЧЗ) является наиболее простым и экономически выгодным схмотехническим решением, обеспечивающим частотный пуск СЭД. Коммутации тиристоров инвертора тока должны производиться по угловому положению ротора СЭД. В бездатчиковом исполнении устройства ПЧЗ управление тиристорами инвертора тока выполняется по сигналам напряжений на фазах СЭД.

Одним из сложных моментов работы ПЧЗ является процесс пуска СЭД из состояния покоя, для изучения которого была разработана математическая модель вентильного электропривода «ПЧЗ-СЭД».

Исследование на математической модели позволило разработать алгоритм, который соответствует следующим требованиям: отсутствие колебаний ротора, вращение в строго заданную сторону, работа в широком диапазоне изменения моментов нагрузки и инерции, бездатчиковое определение положения ротора, малая индуктивность реакторов звена постоянного тока, использование штатных устройств возбуждения СЭД, минимальный набор органов измерения.

Алгоритм базируется на организации следящей системы коммутации тиристоров инвертора по сигналам режимов с независимым заданием частоты коммутации тиристоров инвертора (НЗЧК) и с зависимым от положения ротора СЭД заданием частоты коммутации (ЗЗЧК). На первоначальном этапе при отсутствии информации о противо-ЭДС коммутация тиристоров инвертора осуществляется по сигналам режима НЗЧК, что позволяет обеспечить вращение в строго заданную сторону. Следящая система обеспечивает коррекцию угла режима НЗЧК, сравнивая сигналы последующей коммутации режима НЗЧК с сигналом текущей коммутации режима ЗЗЧК, что позволяет устранить колебания ротора.

Предложенный алгоритм был внедрен в состав системы управления устройства типа ШПТУ-ВИ ООО НПП «ЭКРА» и хорошо себя зарекомендовал в полевых условиях.

УДК 621.38

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИССЛЕДОВАНИЕ ШАГОВЫХ ГИБРИДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»**

И.А. СЛЕПЕЦ, Е.Л. МАТВЕЕВ, УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Н. СУЛТАНГАЛЕЕВ

Шаговые двигатели (ШД) применяются в дисководах, принтерах, а также в промышленном и специальном оборудовании. В настоящее время наибольшее распространение получили гибридные шаговые двигатели (ГД). ГД обеспечивают меньшую величину шага, больший момент и большую скорость. Одним из главных преимуществ ГД является возможность осуществлять точное позиционирование и регулировку скорости без датчика

обратной связи. ГД сочетают в себе лучшие черты двигателей с переменным магнитным сопротивлением и двигателей с постоянными магнитами.

Авторами спроектирован и изготовлен опытный образец стенда оригинальной конструкции для исследования основных характеристик и изучения принципа действия шаговых гибридных шаговых двигателей.

Лабораторный стенд состоит из:

- электромеханического агрегата: гибридный шаговый биполярный двигатель FL57STH56-2804A с номинальным угловым шагом  $1,8^\circ$ ; нагрузочное устройство из двух динамометров и шкива. Вид нагрузки - «сухое» трение;

- приборного блока: модуль питания RS-100-24, обеспечивающий питание 24 В; блок управления SMD-42. При этом приборный блок имеет разъемы для подключения кабеля электромеханического агрегата и кабеля последовательного интерфейса компьютера (COM-порт);

- персонального компьютера. Для работы стенда используется разработанное авторами программное обеспечение.

Стенд используется при проведении лабораторных работ «Исследование характеристик шаговых двигателей» по дисциплине «Микропроцессорное управление в электромеханических системах» специальности 140601 – «Электромеханика» и позволяет: исследовать процессы управления гибридными шаговыми двигателями посредством программирования управляющего сигнала; работать в режиме микрошага (например, возможно получение микрошага с точностью до  $0,0144^\circ$ ); определять основные характеристики ГД (крутящий момент), осуществлять построение механической и динамической характеристик и т.д.

Таким образом, предлагаемый лабораторный стенд «Исследование шаговых гибридных двигателей» обеспечивает: получение меньшего угла поворота ротора; большей скорости и момента; точное выполнение заданной программы с помощью ПК.

УДК 621.313

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ КООРДИНАТ СОСТОЯНИЯ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ**

А.А. СМИРНОВ, ИГЭУ, г. Иваново  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. С.В. ТАРАРЫКИН;  
канд. техн. наук, с.н.с. А.П. БУРКОВ



Разработка качественной системы управления асинхронным двигателем требует точного описания его структуры, измерения и наблюдения его координат состояния. Система управления значительной части асинхронных приводов, применяемых в высокоточных приложениях, использует упрощенный наблюдатель потока ротора, основанный на вычислении углового положения вектора потокосцепления ротора посредством интегрирования по времени значений задания на компоненты тока, создающие магнитный поток и электромагнитный момент двигателя, сложения в определенной пропорции результата интегрирования с углом поворота вала.

В настоящей работе моделировалась работа системы управления с наблюдателем неизмеряемых координат состояния с учетом пространственного распределения токов ротора. Построение наблюдателя ведется с помощью пространственно-временной композиции. Моментобразующая компонента вектора тока ротора формируется в результате взаимодействия двух одновременно протекающих процессов – затухания системы токов, индуцированных статором в роторе, и процесса транспортирования этих токов относительно волны тока статора, в общем случае с переменной скоростью.

В результате проведенной работы был предложен способ управления асинхронным двигателем (заявка на патент РФ № 2010101779/07(002429)).

УДК 681.54

## **АВТОМАТИЗИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ КАК ОСНОВА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

У.М. МВАКУ, КГЭУ, г. Казань

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

Одними из главных преимуществ АСУ ТП являются снижение влияния человеческого фактора на управляемый процесс, сокращение персонала, минимизация расходов сырья, повышение качества исходного продукта и существенное повышение эффективности производства. Основные функции включают в себя контроль и управление, обмен данными, обработку, накопление и хранение информации, формирование сигналов тревог, построение графиков и отчетов.

*Автоматизированная система управления технологическими процессами* – это совокупность аппаратно-программных средств, осуществляющих контроль и управление производственными и технологическими процессами; поддерживающих обратную связь и активно воздействующих на ход процесса при отклонении его от заданных параметров; обеспечивающих регулирование и оптимизацию управляемого процесса.

Внедрение АСУ ТП получает широкое распространение в различных секторах отечественной экономики. Отдельное направление их применения составляет военная и космическая техника, где системы автоматизации используются в качестве встроенных средств контроля и управления.

В докладе показаны новые определяющие тенденции в развитии автоматизации сегодня. В качестве примера рассмотрен проект АСУ ТП установки подготовки и транспортировки нефти УПН-500. Установка предназначена для подготовки к транспортировке сырой обводненной нефти группы месторождений Ульяновской области. Подготовка нефти заключается в обезвоживании, обессоливании и дегазации. Промышленная автоматизация в области задач транспортировки нефти является сегодня в мире очень актуальной.

На данной установке используются механический (отстаивание), химический и электрический методы разрушения эмульсии. Сырьем установки подготовки нефти УПН-500 является сырая обводненная нефть группы месторождений Ульяновской области. Нефть на установку поступает по подземному нефтепроводу и автомобильным транспортом.

АСУ ТП контролирует все этапы подготовки нефти: от процессов обезвоживания, обессоливания до коммерческого учета реализации готовой нефти.

UDC 6S1.54

## **AUTOMATIC PRODUCTION AND TECHNOLOGY PROCESSES IN THE INDUSTRIAL HEAT ENGINEERING PROCESS**

W.M. MWAKU, KSPEU, Kazan  
Research supervisor PhD, prof. V.Y. KORNILOV

The operation of the industrial equipment and the generation of electric and thermal energy are impossible without all-round automation and control. The

efficiency, safety and reliability of industrial processes depend on the perfection of the control system.

First of all, the control requires collecting and processing a large content of information. In the case of a modern thermal power station, for example, the initial information is formed by automatic measurements of two-three thousand values of temperature, pressure, flow rate, the level of a liquid, the concentration of impurities in the water and steam, and other quantities, as well as two-three thousand discrete signals determining the condition of the equipment, mechanisms, latches, valves.

The modern control system is composed of various apparatuses for data acquisition, microprocessor controlling devices, computer networks, and the software realizing algorithms proved by the theory of control.

Automation engineers are to apply forces to modernize existing and out-of-date control systems and to put in action modern program-technical complexes, which will be able to provide total automation of control processes on electric power stations.

It is obvious that the specialist in automation of electric power plants should have a sound grasp of the control object – the plant process equipment and corresponding processes – and, naturally should have a particular knowledge in the field of control, automation, and modern computer facilities.

The decisions made by the engineer when designing and operating the equipment should be highly economical, exact and reliable, for mistakes are costly and their consequences are unpredictable. It demands from the engineer not only deep knowledge in the field of fundamental and general engineering disciplines, but also skill in calculations using modern computing facilities. The high level of education is supported by modern computer equipment and a staff that is both highly skilled in teaching and highly educated.

УДК 621.313.333

## **ДИАГНОСТИКА ОБРЫВА ФАЗЫ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ТОКАМ СТАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Л.Е. КОЗЛОВА, В.В. ТИМОШКИН, А.С. ГЛАЗЫРИН, НИ ТПУ, г. Томск  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.Н. ДЕМЕНТЬЕВ

Современные требования к электроприводу (ЭП) говорят о том, что он должен быть надежным и экономичным. Для обеспечения надежности ЭП

необходимо производить диагностику асинхронного электродвигателя (АД) в режиме реального времени. К одному из основных аварийных режимов работы электродвигателей можно отнести обрыв фаз, который возникает в 50 % от всех неисправностей в ЭП. Использование автоматов не позволяет диагностировать обрыв фаз, так как их срабатывание рассчитано на многократную перегрузку, а использовать датчик тока в фазах ротора не всегда возможно и целесообразно. В данной работе предлагается производить диагностику обрыва фаз ротора по информации, полученной с датчиков тока статора. В основу метода диагностирования положены искусственные нейронные сети (ИНС).

Такой подход позволяет найти зависимость между токами статора и неисправностями в обмотках ротора. При исследовании ИНС было установлено, что при расширении набора входных параметров сети, таких как ток, скорость, потокосцепления и т.п., обучение происходит быстрее. Но также следует учесть, что на скорость и точность обучения сети влияют структура ИНС и методика ее обучения. Одним из достоинств предложенного метода является робастность, т.е. нечувствительность к незначительным изменениям параметров системы. ИНС позволяют делать прогнозирование на величину постоянной времени электродвигателя. Это необходимо для того, чтобы автоматика успела сработать, так как токи статора реагируют на обрыв фаз в роторе не мгновенно.

УДК 621.1

## **СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

**А.Р. САМИГУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Ю. КОРНИЛОВ**

Структурно-параметрический синтез – это процесс, в результате которого определяется структура объекта и находятся значения параметров составляющих ее элементов таким образом, чтобы были удовлетворены условия задания на синтез. Если при этом синтезированный объект является оптимальным, по какому-либо критерию, то синтез является оптимальным.

В связи с тем, что в наши дни происходит недоотпуск или избыточная передача тепловой энергии, синтез электротехнических комплексов, обеспечивающих производство тепловой энергии, по критерию

минимального отклонения коэффициента передачи тепловой энергии от требуемого является актуальной задачей.

В состав электротехнических комплексов входят отдельные элементы, модели. В качестве параметров рассматриваются параметры элементов, моделей, составляющих объект. Заданием на синтез является поддержание требуемого уровня коэффициента передачи тепловой энергии при минимуме затрат на её производство.

В связи с преобладанием инерционности в процессе производства и передачи тепловой энергии,  $k$  будет отличаться от единицы. Рассматривается подход к решению задачи в двух постановках: а) по критерию минимума отклонения коэффициента передачи тепловой энергии; б) по критерию минимума затрат при коэффициенте передачи не ниже требуемого значения.

## **СЕКЦИЯ 5. ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

УДК 621.18

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРА ВДН-26-ПУ И ДЫМОСОСА Д-21,5×2У ДЛЯ КОТЛА ТГМ-84Б № 1 НАБЕРЕЖНО-ЧЕЛНИНСКОЙ ТЭЦ**

М.М. АХСАНОВ, А.И. МАЗИТОВ, В.В. КОВАЛЕНКО, А.В. СИМАКОВ,  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. ТАЙМАРОВ

Испытания тягодутьевых установок с целью определения действительных характеристик режимов работы вентилятора ВДН-26-ПУ и дымососа Д-21,5×2У для котла ТГМ-84Б № 1 НЧ ТЭЦ являются актуальными.

На котле № 1 ТГМ-84Б Набережно-Челнинской ТЭЦ установлены тягодутьевые машины: дымососы Д-21,5×2У (2 шт. с производительностью 387 тыс. м<sup>3</sup>/ч каждая) и дутьевые вентиляторы ВДН-26-ПУ (2 шт. с производительностью 208 тыс. м<sup>3</sup>/ч каждая).

Испытания проводились следующим образом:

1. Подача вентилятора  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч.

2. Динамическое давление до машины и за ней подсчитывалось по скорости перемещаемой среды в сечениях измерения статического давления, кгс/м<sup>2</sup>.

3. Плотность среды (газа, воздуха) для измеряемого потока, кг/ м<sup>3</sup>.

4. Полное давление, создаваемое вентилятором (дымососом), кгс/м<sup>2</sup>.

5. Статическое давление вентилятора (дымососа), кгс/м<sup>2</sup>.

6. Полный КПД вентиляторной и тягодутьевой установки, %.

После проведения экспериментов были сделаны следующие выводы:

1. Энергетические характеристики тягодутьевых машин (дутьевых вентиляторов ВДН-26-П и дымососов Д-21,5×2У ) котла ТГМ-84Б ст. № 1 по ниткам газохода А и Б различаются между собой в пределах 1,5 ... 2,5 % и близки к паспортным характеристикам. Однако при повышенных нагрузках котла имеет место увеличенный на 8...11 % (по сравнению с паспортным) расход электрической мощности на привод тягодутьевых машин.

2. Эксплуатация дутьевого вентилятора ВДН-26-ПУ при числе оборотов 735 об/мин (число оборотов по паспорту) является предпочтительной по сравнению с фактическим по испытаниям числом оборотов 780 об/мин, так как позволяет повысить КПД вентиляторной установки.

3. Для увеличения КПД дымососов Д-21,5×2У котла ТГМ-84Б ст. № 1 при повышенных нагрузках необходимо произвести тарировку углов открытия лопаток направляющих аппаратов в сторону увеличения в среднем на 3-5 %, согласовав его с углом открытия направляющих лопаток дутьевых вентиляторов ВДН-26-ПУ.

УДК 536.3

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР ПЕРЕГРЕВА МЕТАЛЛА КОЛЛЕКТОРОВ КОНВЕКТИВНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ПРИ ПУСКЕ ПАРОВОГО КОТЛА ТГМ-84**

В.В. КОВАЛЕНКО, М.М. АХСАНОВ, А.И. МАЗИТОВ, А.В. СИМАКОВ,  
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. ТАЙМАРОВ

Исследование фактических температур для сравнения с нормативными позволяет обнаружить реальные отклонения, которые могут повлечь за собой аварийный останов энергетического котла, поэтому данная тема является актуальной.

Котел ТГМ-84Б (широко распространенный газомазутный котел) имеет сравнительно небольшие габариты. При определении оптимальных пусковых режимов использовались данные сводных ведомостей и графиков работы котлов, данные показаний по щитовым приборам котлотурбинного цеха и паспортные характеристики котлов.

По результатам исследований было определено, что фактические температурные графики прогрева металла (скорость прогрева металла) коллекторов после КПП превышают расчетные значения у всех исследованных котлов.

Выводы по данной работе:

1. Для котла № 4 максимальное превышение температуры составляло 71 °С на 150 минуте с начала растопки. Для котла № 5 превышение температуры составляло 60 °С на 30 минуте, 70 °С на 180 минуте с начала растопки. Для котла № 8 максимальное превышение температуры составляло 63 °С на 210 минуте с начала растопки. Для котла № 9 максимальное превышение температуры составляло 53 °С на 210 минуте с начала растопки. Для котла № 11 максимальное превышение температуры составляло 115 °С на 240 минуте с начала растопки.

2. Скорость прогрева металла коллекторов КПП до 500 °С превышала: для котла № 4 на 0,33 град/мин через 2,5 часа с начала растопки; для котла № 8 на 0,17 град/мин через 3 часа с начала растопки; для котла № 11 на 1 град/мин через 4 часа с начала растопки – это значение превышает предельное согласно инструкции по растопке котла.

3. На температурном участке свыше 500 °С скорость прогрева металла коллекторов КПП превышала: для котла № 4 на 1,5 град/мин – что превышало предельное значение согласно инструкции по растопке котла; для котлов № 5, № 8 скорость прогрева металла превышала в среднем на 0,5 град/мин – это значение скорости нагрева является приемлемым.

УДК 536.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ТОПКЕ ПАРОВОГО КОТЛА ТГМ-84Б**

Д.Г. ХУСАИНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. ТАЙМАРОВ

В топке парового котла важнейшую роль играет теплообмен излучением. Сегодня существуют множество данных и корреляционных

зависимостей по теплообмену, эта информация рассеяна в обширной литературе или заключена в малодоступных отчетах фирм. Кроме того, часто информация, получаемая из разных источников, не согласуется между собой, и пользователям трудно решить, какие данные и зависимости лучше всего подходят для их собственных целей. Исследование температурных полей в топке энергетического агрегата с целью определения распределения тепловых потоков является актуальным.

Эксперименты проводились на котлах ТГМ-84Б НЧТЭЦ. Для контактного замера температуры использовался термозонд (рис. 1) с двумя термопарами различных диаметров. Замеры проводились в различных точках горизонтальной плоскости топки парового котла на отметках 6,6 м (чуть ниже первого яруса горелок), 11,2 м (чуть выше второго яруса горелок) и на отметке 16,3 м. Термозонд всовывался в топочный объем через лючки до 3 м, использовались хромель-алюмелевые термопары с диаметром термоэлектродов 0,5 и 1,2 мм (рис. 2). Через вторичный измерительный прибор (электронный цифровой вольтметр MASTECH MAS838) получали данные в виде милливольт, далее данные переводилось в температуру.



Рис. 1. Термозонд в паровом котле

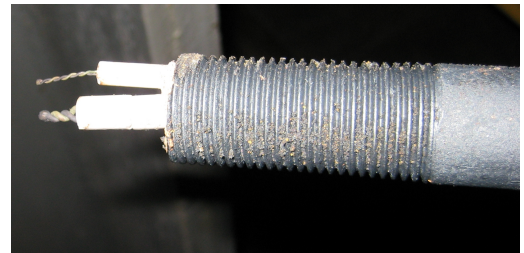


Рис. 2. Термоэлектроды термозонда с диаметрами 0,5 мм – верхний и 1,2 мм – нижний

После проведения экспериментов были получены температурные поля при различных нагрузках парового котла ТГМ-84Б. Откуда было определено, что температура факела (в °С) прямо пропорциональна половине паровой нагрузки (в т/ч).

УДК 536.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОПКИ ПАРОВОГО КОТЛА КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

Р.Г. ГИЛЬФАНОВ, КГЭУ, г. Казань



Исследование температурных полей в топке энергетического агрегата с целью определения распределения тепловых потоков является актуальным.

Эксперименты проводились на котле № 4 ТГМ-84Б Набережно-Челнинской ТЭЦ при паропроизводительности 278 т/ч. Содержание кислорода в уходящих газах составлял 1,1 %, температура уходящих газов составляла 110 °С.

Измерения температуры проводились контактным пирометром длиной 3 м, имеющим две термопары с диаметром термоэлектрода 0,5 и 1,2 мм. Также для исследования температур использовался отсосный контактный пирометр с водяным охлаждением, с отсосом горящего факела и термопарой – 1,2 мм. Результаты измерений представлены на рис. 1.

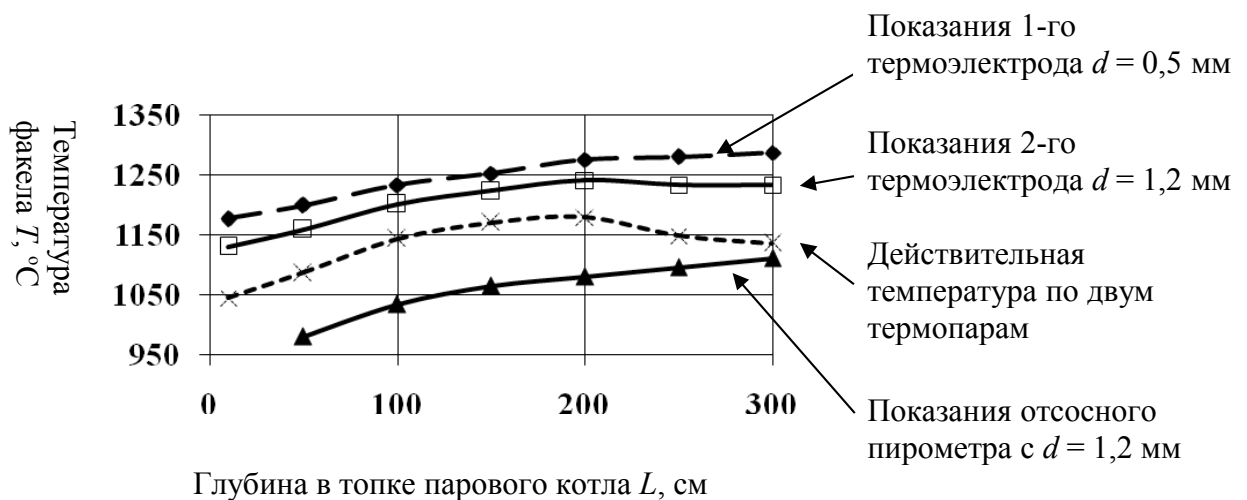


Рис. 1. Экспериментальное исследование температуры факела  $T$  по глубине топки  $L$  через лючок на отметке 11,7 м вдоль заднего экрана котла ТГМ-84Б

1. Исследования показали, что термопара с электродом большего диаметра ( $d = 1,2$  мм) дает значение температур меньше, чем термопара с меньшим термоэлектродом  $d = 0,5$  мм, в среднем на 30–50 °С.

2. Разница температур факела вдоль заднего экрана возле боковой стенки котла и на расстоянии 3 м от нее составляет 100 °С при паропроизводительности 280 т/ч и работе на газу.

УДК 621.313:620.9

## **ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

И.М. САЛАХУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук Л.В. ФЕТИСОВ

Нестационарные тепловые процессы в электрических машинах имеют место при их эксплуатации. Ими сопровождаются режимы пуска, отключения, торможения, изменения нагрузки и частоты вращения машин. Большое значение процессы нестационарного нагрева имеют при перегрузках по току и напряжению, при частых и затяжных пусках двигателей, а также при работе их в заторможенном состоянии.

Особенностью нестационарных тепловых режимов, или тепловых переходных процессов, в электрических машинах является их инерционность, проявляющаяся в значительном отставании изменений температуры от электромеханических переходных процессов. Благодаря этому машины могут выдерживать в течение некоторого времени воздействие перегрузок, токов короткого замыкания и других ненормальных условий. Учет тепловой инерционности в расчетах нестационарного нагрева является обязательным условием достоверности результатов.

Повышенная температура электрических машин влияет на долговечность изоляции обмоток, на работу подшипников и др. Повышенная температура обмоток вызывает тепловое старение изоляции, приводящее к необратимому снижению электрической и механической прочности. Правило Монтзингера гласит, что повышение температуры на 8–10 °С сокращает срок службы изоляции в два раза.

Основной целью данной работы является создание тепловой модели для выбора асинхронного двигателя по нагреву. Данная модель является упрощенным представлением процессов нагрева и охлаждения двигателя. Суть модели заключается в том, что, задавая характер изменения нагрузки во времени на входе, на выходе имеем кривую изменения температуры меди обмоток или стали статора.

УДК 621.318.1

## **ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ВАКУУМНОМ КОНТАКТОРЕ**

Р.Л. САФИУЛЛИН, З.И. ГУБАЙДУЛЛИНА, УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.В. РАХМАНОВА

Развитие современной техники невозможно без широкого использования электрических и электронных аппаратов, разработка и усовершенствование которых является актуальной задачей, определяющей надежность и эффективность электротехнологических установок. Важным пунктом расчета любого устройства является учет тепловых потерь. Объектом исследования стал электромагнитный контактор переменного тока и изучение его тепловых процессов в программном обеспечении ELCUT.

Задачей теплового расчета контактора является определение мощности источников теплоты и расчет параметров температурного поля, причем максимальная температура не должна быть выше допустимой. Повышение температуры приводит к ускоренному старению изоляции проводников аппарата и к уменьшению их механической прочности.

Проведенный анализ особенностей теплового расчета электромагнитного контактора переменного тока определил дальнейшую цель работы – создание математической модели температурного поля и ее изучение с помощью современного прикладного программного обеспечения.

Из всего объема предлагаемых программ, объединяющих возможность построения теплового поля, можно выделить следующие: ANSYS, FEMM, FEMLAB, ELCUT, COSMOSM. Из перечисленных программных обеспечений наиболее удобным в изучении, наглядности и простоты работы является ELCUT.

ELCUT – это мощный современный комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов. ELCUT использует следующие типы документов, относящиеся к каждой конкретной задаче: описание задачи; геометрическая модель; физические свойства; результаты решения.

При расхождении контактов возникает электрический разряд, сопровождающийся повышением температуры и изменением теплового поля. В свое время актуально создать картину теплового поля, рассмотреть его свойства и поведение при различных режимах нагрузки.

Для дальнейшего исследования температурного поля в ELCUT поставлены следующие цели:

1. изучить картину теплового поля между двумя расходящимися контактами электромагнитного контактора;
2. рассмотреть картину теплового поля электромагнита, поверхности катушки и внутренних слоев ее обмотки.

УДК 536

## **СПОСОБЫ НАРУЖНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ВНУТРЕННИМ НАГРЕВОМ**

В.А. МОНДА, КВВКУ, г. Казань

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

При эксплуатации технологических участков (металлических труб) с внутренним нагревом в некоторых наземных (сухопутных, надводных, подводных), аэрокосмических и космических техносистемах двойного назначения возникает необходимость в их частичном наружном охлаждении. При высоких плотностях теплового потока могут происходить (и происходят) негативные и опасные процессы, связанные с перегревом стенок трубы: изгиб трубы; прогар стенки трубы; возникновение термоакустических автоколебаний (ТААК) давления (при прокачке технологической жидкости) и возникновение локальных зон перегрева с дальнейшим их прогаром из-за стоячей акустической волны и др.

Существуют следующие способы наружного охлаждения технологических труб с внутренним нагревом:

1. Разработка и создание наружной рубашки охлаждения для опасных нагреваемых зон с различными видами продольного (поперечного) оребрения.
2. Разработка и создание наружной рубашки охлаждения для опасных нагреваемых зон с внутренними каналами для жидких (газообразных) охладителей.
3. Разработка и создание гибридной наружной рубашки охлаждения для опасных нагреваемых зон (оребренная рубашка охлаждения с внутренними охлаждающими каналами для вынужденной конвекции жидких (газообразных) охладителей).

В докладе показаны новые запатентованные конструктивные схемы съемных гибридных рубашек охлаждения, где в качестве жидкого

охлаждителя применяется жидкое углеводородное горючее (УВГ) (дизельное топливо). Вынужденная конвекция жидкого УВГ обеспечивается воздушным пневматическим устройством или гидравлической системой, энергия для которых утилизируется и преобразуется при выполнении технологических процессов с возвратно-поступательным движением соседних механизмов. Интенсификация теплоотдачи обеспечивается созданием зоны критических давлений в жидком УВГ, конструктивным расположением рабочих участков с электростатическими полями. Данный способ охлаждения значительно повышает ресурс, надежность, безопасность, экономичность и экологичность перспективных техносистем двойного назначения.

УДК 536:537:621.4:665

## **ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТРУБЧАТЫХ КАНАЛАХ РУБАШЕК ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

В.А. МОНДА, А.А. ЩИГОЛЕВ, А.Ю. ПОПОВ, КВВКУ, г. Казань  
М.Л. ЯНОВСКАЯ, ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. АЛТУНИН

В докладе приводится полная классификация энергетических установок (ЭУ) и энергетических установок многоразового использования (ЭУМИ) на жидких углеводородных горючих (УВГ) и охладителях (УВО) различного назначения и базирования.

Рассмотрены рубашки охлаждения топливоподающих и охлаждающих каналов в виде трубок различного наружного диаметра (3,0–10,0) мм. Анализ эксплуатации ЭУМИ с УВГ и УВО, а также научные экспериментальные исследования показывают, что в таких каналах происходят следующие позитивные и негативные аномальные эффекты: а) увеличение коэффициента теплоотдачи к УВГ и УВО в 2–3 раза из-за увеличения коэффициента теплофизических свойств (ТФС) в зоне критических давлений (позитивный эффект); б) возникновение термоакустических автоколебаний (ТААК) давления, которые способствуют: интенсификации теплоотдачи к УВГ и УВО на 40 % (позитивный эффект); откалыванию твёрдых углеродистых отложений и очистке канала (позитивный эффект); образованию локальных чередующихся зон перегревов и прогаров трубки из-за установления стоячей акустической волны (негативный эффект); в) процесс осадкообразования (негативный эффект).

Показаны возможные пути: использования позитивных аномальных процессов; борьбы – с негативными. На основе экспериментальных исследований разработаны методики учёта и расчёта всех позитивных и негативных явлений в рубашках охлаждения перспективных ЭУМИ на жидких УВГ и УВО.

Создана база данных, карты и схемы аномальных эффектов в условиях естественной и вынужденной конвекции жидких УВГ и УВО в рубашках охлаждения существующих и перспективных ЭУ и ЭУМИ.

Доклад сопровождается иллюстрационным материалом и новыми запатентованными конструктивными схемами новых и перспективных наземных, воздушных, аэрокосмических и космических ЭУМИ двойного назначения.

## **СЕКЦИЯ 6. ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ**

УДК 621.187.000.57:620.9

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОБИОЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ В БОРЬБЕ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБРАСТАНИЯМИ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Т.П. СИНЮТИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. КАЛАЙДА

Одним из перспективных направлений в борьбе с биологическими обрастаниями систем охлаждения является применение нанобиоцидов (нанокавитантов), разработанных ООО НПК «БИОЭКОПРОМ» (г. Москва).

Однако наряду с получаемым планируемым эффектом – 100 % смертностью моллюсков-биообрастателей (дрейссены) возникает проблема нейтрализации остаточной токсичности образовавшихся вод по отношению к гидробионтам в естественных водоемах. Поскольку после обработки гидротехнических сооружений специфическим сильным токсическим препаратом-нанокавитантом воды могут поступать в природные водоемы, необходимо снижение токсичности раствора до «отсутствия острой токсичности».

Проведенные исследования показали возможность снижения остаточной токсичности нанобиоцида после проведения биоцидной обработки как за счет разбавления (в случае технической возможности его обеспечения), так и за счет «расходования» препарата на массу дрейссены и другого биологического материала (водорослевая масса). Эксперименты

показали, что при начальной концентрации препарата 40 мл/л и использовании биомассы дрейссены от 0 до 0,8 кг/л нанокавитант сохраняет токсичность, в промежутке от 0,8 до 1,2 кг/л биомассы дрейссены происходит снижение токсичности препарата до 100 % выживаемости гуппи в растворе. Снижение токсичности раствора нанобиоцида для гидробионтов (дафний и гуппи) наступает при выдерживании в растворе массы водных растений от 0,1 до 0,2 кг/л. 100 % выживаемость тест-объектов наступает в растворе нанокавитанта после выдерживания в нем 0,4 кг/л элодеи.

Использование количеств препарата в расчете на массу биообрастаний позволяет снизить дозу препарата на входе в систему трубопроводов и дополнительно снять остаточную токсичность «биомассой дрейссены» на водосбросе и провести дообработку потока воды с нанокавитантом «растительным биофильтром» на территории предприятия с обеспечением отсутствия острой токсичности вод.

УДК 502.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗНЫХ ВИДАХ РАСТЕНИЙ В Г. НИЖНЕКАМСКЕ В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Р.Н. БАРИЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. КАЛАЙДА

Для города Нижнекамска характерно значительное загрязнение атмосферы промышленными предприятиями города. В связи с задачами улучшения городской среды методами озеленения исследовался листовой опад. Содержание тяжелых металлов исследовалось в листовом опаде березы повислой, липы сердцевидной и тополя (секция бальзамический) в условиях разной степени антропогенной нагрузки в г. Нижнекамске Республики Татарстан. Листовой опад был собран осенью 2009 г. по 3 маршрутам с 9 станций с учетом расположения точек отбора по отношению к источникам загрязнения воздушной среды. Всего было проведено 144 анализа химического состава образцов. Исследование содержания тяжелых металлов проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа.

В листе всех исследованных видов-озеленителей анализы химического состава выявили наличие 16 элементов: сера (S), калий (K), кальций (Ca), титан (Ti), хром (Cr), марганец (Mn), железо (Fe), медь (Cu), цинк (Zn), рубидий (Rb), стронций (Sr), никель (Ni), фосфор (P), кремний (Si), ванадий (V), бром (Br). Из выявленного перечня элементов в листе всех

видов в парковой зоне отсутствуют 2 элемента – Ni и P. В парковой зоне в листовом опаде березы отмечено 13 элементов, а в листовом опаде липы и тополя по 12 элементов. В зоне автомагистрали в листовом опаде березы и тополя отмечено по 15 элементов, а в липе – 14. В зоне концентрации предприятий химической промышленности в листовом опаде березы обнаружено 14 элементов, в липе и тополе соответственно 15 и 16.

Проведенное исследование выявило разную способность к накоплению загрязняющих веществ у видов-озеленителей. Это позволяет использовать липу, березу и тополь в озеленении в районах со специфическим высоким загрязнением атмосферы. Одновременно проведенное исследование позволяет наметить пути утилизации листового опада с целью выведения загрязняющих веществ из городской черты.

УДК 577.33

## **ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ КАК ОСНОВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

М.Э. ГАЛЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. КАЛАЙДА

Водные экосистемы Республики Татарстан испытывают значительную антропогенную нагрузку из-за переизбытка промышленных, транспортных, коммунальных и сельскохозяйственных потоков. Около 25 % всего объема водоотведения составляют сточные воды топливно-энергетического комплекса. Тепловое загрязнение водоемов приводит к значительным последствиям: снижению концентрации кислорода в воде и «заморам» гидробионтов; изменению флоры и фауны; массовому развитию цианобактерий, снижающему качество вод.

Для предотвращения негативных последствий, анализа состояния и функционирования водных экосистем в последнее время широко используется метод построения математических моделей, имеющих главной задачей оценку прогноза состояния водных экосистем. Правильный прогноз позволяет планировать деятельность предприятий и реализовывать природоохранные задачи. При построении математической модели всегда возникает проблема полноты информационных баз данных. Именно это определяет сходимость прогнозного результата и реального события.

Для составления достоверной базы данных сначала необходимо четко сформулировать исследуемую проблему (выделяется предметная область –



то, что собирается, используется, описывается в информационной системе). Второй этап – выбор задачи исследования. В связи с этим выделяются параметры и исследуются функциональные связи методом моделирования.

Для реализации моделей существует два пути сбора данных. Первый – полевой сбор данных по анализируемому объекту. Временные рамки сбора материала определяются жизненными циклами как биотических объектов, так и абиотических факторов. В ряде случаев возникают сложности, связанные с отсутствием понятий в ранге количественных показателей. Второй – заключается в использовании информационных ресурсов России и зарубежных стран. Однако не все данные общедоступны и есть вероятность, что выбранные параметры не исследовались ранее. Завершает формирование базы данных структурирование полученной информации для анализа функционирования объекта, в противном случае формируется банк данных.

УДК 575.597.5

## **НЕРЕСТИН – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПРЕПАРАТ ДЛЯ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ РЫБ ПРИ ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ**

С.А. УДАЧИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. КАЛАЙДА

Мягкодействующий препарат «Нерестин» стимулирует созревание и выделение половых продуктов физиологически подготовленных самцов и самок. Препарат обладает рядом слабых дополнительных эффектов: антистрессовым, успокаивающим, стимулирующим заживление ран и язв, может продлевать срок службы производителей. Его основное действие: физиологическая стимуляция синтеза и секреции собственных гонадотропинов рыб.

По отзывам рыбоводных предприятий 2 – 4 зон рыбоводства за период 1989–2004 гг. «Нерестин-1» (1А, 1Б) надежно заменяют гипофизарные инъекции на толстолобиках и амуре, а «Нерестин-5» (5А, 5Б) – на осетровых, в том числе на веслоносе. Для карпа, в том числе для кои, разработаны препараты Нерестин-4, Нерестин-6 (6А).

К преимуществам препаратов «Нерестин» относится и то, что они не содержат гормонов, состоят из практически безвредных синтетических компонентов. Поставляются в стерильной форме. Срок годности – от 2 до 5 лет. Препарат безвреден для рыб и экологии, распадается в теле рыб в течение 20-30 минут. Также к преимуществам «Нерестина» перед

ацетонированным гипофизом относится его более низкая стоимость (на 20–30 %). В отличие от универсального ацетонированного гипофиза леща «Нерестин» обладает стандартной активностью и удобен для применения в разных дозировках – в мл/кг массы рыбы. Применение «Нерестина» основано на стимуляции собственной гонадотропной системы физиологически подготовленных рыб суперактивными рилизинг-факторами и модификаторами рецепторов аденогипофиза. Если ацетонированный гипофиз содержит помимо необходимых гормонов комплекс посторонних веществ и дает побочные реакции, то «Нерестин» не содержит посторонних веществ и абсолютно не дает побочных реакций. Это определяет эффективность процесса воспроизводства рыб.

УДК 574.52

## **КАЧЕСТВО ВОД Р. СВЯЯГА В РАЙОНЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ТЭЦ-1 ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Е.В. КАЛИНИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Л.К. ГОВОРКОВА

Постановлением Совета Министров ТАССР № 25 от 10.01.1978 г. р. Свяяга, а также ее притоки Улема, Бирля и Сулица (ныне приток Куйбышевского водохранилища) объявлены памятниками природы, так как они имеют хозяйственное, познавательное и рекреационное значение.

Бассейн р. Свяяги испытывает определенную антропогенную нагрузку. Это и распаханность сельскохозяйственных угодий, и животноводство, и использование минеральных удобрений и пестицидов, и сбросы промышленных предприятий и коммунальных сточных вод и различные другие факторы.

С целью определения качества вод р. Свяяга в районе Ульяновской ТЭЦ-1 были исследованы пробы воды по гидробиологическим и микробиологическим показателям.

В практике ранжирования уровня загрязнения воды широко применяется интегральный биологический показатель видового разнообразия (ИВР) – индекс Шеннона (Макрушин, 1974). Поэтому качество воды по фитопланктону определялось с помощью этого индекса. Значения ИВР находятся в пределах 1,32-2,69. Также для определения степени загрязнения воды был применен метод индикаторных зоопланктонных организмов по

Пантле и Буку в модификации Сладечека, характеризующийся индексом сапробности (Sladecsek, 1973). По всему исследованному участку индекс сапробности варьировал в пределах от 1,37 до 2,21.

Для оценки качества воды по микробиологическим показателям определялось общее микробное число сапрофитных микроорганизмов и количество бактерий группы кишечной палочки методом разведений с последующим высевом на плотные питательные среды (Санитарно-микробиологический анализ..., 2005). Показатели их численности находятся в пределах от 100 до 100000 кл/л, что соответствует мезосапробной зоне.

Таким образом, воды р. Свияги в районе Ульяновской ТЭЦ-1 по гидробиологическим и микробиологическим показателям характеризуются как «умеренно-загрязненные».

УДК 597:57

## **ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ *ARTEMIA SALINA L.* ЗАЛИВА КАРАБОГАЗГОЛ В ТУРКМЕНИСТАНЕ, ПРОВЕДЕННЫЕ НА ОСНОВАНИИ ИНКУБАЦИИ ДИАПАЗИТИРУЮЩИХ ЯИЦ РАЧКА**

М.А. УДАЧИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Ф.М. ШАКИРОВА

Залив Карабогазгол представляет собой уникальный ультрагалинный водоем морского происхождения, расположенный вдоль восточного побережья Каспийского моря и испытывающий на себе огромное влияние его вод.

Специфичность залива по своим гидрологическим, гидрохимическим и другим характеристикам отразилась на видовом составе его флоры (фитопланктон, фитобентос и прочее) и фауны (рачок *Artemia salina L.*).

Артемия широко распространена во многих солоноватых водоемах земного шара, тогда как в Туркменистане наиболее мощная популяция ее обитает в заливе. Эффективное освоение естественной популяции артемии Карабогазгола, обнаруженной еще в середине 19 века, начато с 1996 г. и является новым и одним из перспективных направлений народного хозяйства, позволяющих развивать аквакультуру и достаточно быстро получать ценный белковый продукт в виде рыбы, креветок, раков и прочих.

Рачок *Artemia salina*, встречающийся в заливе Карабогазгол, является партеногенетической популяцией, обитающей в нестабильных экологических условиях (высокая солёность и пр.) водоема.

Анализ содержимого пищевого комка артемии залива выявил, что животные потребляют практически все виды водорослей планктона и бентоса, а также бактерий, которых они могут профильтровывать. Спектр питания артемии залива зависит от качественного и количественного развития фитопланктона в заливе.

Отработанная на научной основе технология освоения артемии, и ее производного продукта – цист, позволит в дальнейшем управлять солоноватыми водами и популяцией артемии в водоемах.

На основании разработанной методики получены процент выклева яиц артемии, эффективность выклева науплиусов, определены плодовитость рачка, размер и масса яиц, наступление половой зрелости и др.

УДК 547.258

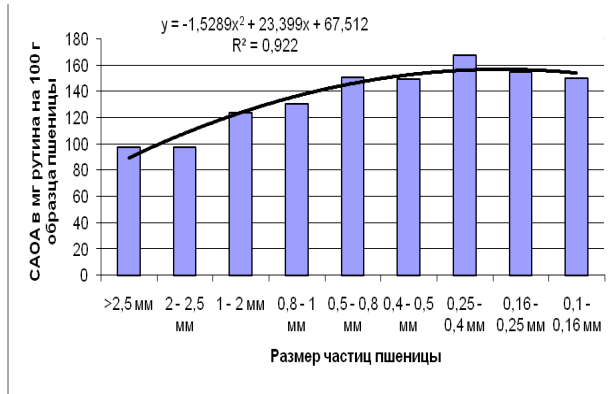
## **АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ КОРМОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ**

Л.Г. ГРЕЧУХИНА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. А.А. ЛАПИН

Рыбы, как и другие животные, очень требовательны к качеству кормов. В товарном рыбоводстве главной задачей является обеспечение максимального выхода рыбной продукции в наиболее короткие сроки. Это значит, что необходимо иметь такие корма, энергия которых в максимальной мере обеспечивала бы пластический обмен у рыб. Для изготовления кормов для рыб применяют зерновые культуры, непригодные для пищевых целей, их содержание белка не превышает 20 %.

Целью проведения экспериментальных исследований было: определение антиоксидантной активности просеянной пшеницы в зависимости от размера зерен.

Суммарную антиоксидантную активность (САОА) определяли кулонометрическим методом анализа с помощью электрогенерированных радикалов брома на кулонометре «Эксперт-006-антиоксиданты» по сертифицированной методике в пересчете на стандартный образец рутин. Водные экстракты приготавливались завариванием фракций зерен кипящей дистиллированной водой по ГОСТ 1938 и перемешивались (15 мин). Экстракты очищались центрифугированием при 5000 об/мин (15 мин).



На рисунке представлен график зависимости САОА образцов размолотой пшеницы от размера ее частиц, он имеет полиномиальную зависимость во второй степени. Относительная ошибка определения САОА не превышала 3 %.

Изучение антиоксидантной активности кормов для рыб актуально, так как они хранятся очень недолго. Просроченные корма опасны для рыб, вызывая жировое перерождение печени, истощение их антиоксидантной системы и в последующем массовую гибель.

УДК 547.258

## АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕРАБОТКАХ

А.В. ФЕДЯНИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. А.А. ЛАПИН

Цель проведения экспериментальных исследований – определение антиоксидантной активности мяса форели ручьевой и устрицы.

Форель ручьевая (*Salmo trutta morpha fario*) является пресноводной формой лососевых рыб, легко образующей в пресных водоемах жилые формы. Мясо форели умеренно жирное, нежное, по вкусовым качествам уступает лишь мясу стерляди и, быть может, угря.

Устрицы (*Ostreidae*) – семейство морских двустворчатых моллюсков. Обладают характерной асимметричной раковиной неправильной формы. Самые популярные среди промысловых групп морских беспозвоночных. Из-за вкусного мяса устрицы уже много сотен лет появляются на столе у людей.

Суммарную антиоксидантную активность (САОА) определяли кулонометрическим методом анализа с помощью электрогенерированных радикалов брома на кулонометре «Эксперт-006-антиоксиданты» по сертифицированной методике в пересчете на стандартный образец рутин. Для анализа использовали объединенные пробы по ГОСТ 31339 свежеразмороженной форели, форели натертой солью и запеченной в духовке при 120 °С и сырой устрицы. Образцы разбавлялись

дистиллированной водой (1:1), перетирались до гомогенной массы в ступке и очищались центрифугированием при 5000 об/мин (15 мин).

САОА исследованных образцов в мг стандартного образца рутина составила на 100 г сырой массы: для печени – 385,52; икры – 256,31; передней части туловища (с головой) – 85,34; средней части туловища – 146,98, обработка в микроволновой печи 1 мин. – 33,11; массы запеченой в духовке: для печени – 60,67; средней части – 36,79; устрицы – 62,02.

Вклад в пищевую ценность рыб, в том числе антиоксидантную активность, вносят различные витамины, ненасыщенные жирные кислоты, микроэлементы (металлы с переменной валентностью – железо, медь и другие), различные аминокислоты (содержащие серу, белки и другие компоненты). Антиоксиданты связаны с показателями иммунной системы рыб, которые являются биомаркерами для оценки качества среды их обитания.

УДК 574.578

## **ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ЖАБЕРНОГО АППАРАТА И СТЕНКЕ КИШЕЧНИКА ГУППИ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОБИОЦИДА**

А.Р. ГАЙНУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, ст. преп. М.В. НИГМЕТЗЯНОВА

За последние десятилетия проблема биопомех в системах водоснабжения стала особенно острой. В последний период ежегодный ущерб от биологических обрастаний на ТЭС и АЭС в России превышал 11 млрд руб. Среди перспективных физико-химических направлений борьбы с биологическими обрастаниями на данный момент используется метод обработки нанобиоцидами. Данные вещества являются нанокавитантами, поскольку при действии этих веществ на биообъекты возникает явление кавитации – зоны повышенного и пониженного давления на границе биологических мембран. Поскольку раствор нанобиоцидного препарата после обработки гидротехнической системы может попадать в водоемы, нами были проведены эксперименты по определению безвредных концентраций нанокавитанта – линейного высокомолекулярного соединения органической полифосфатной природы – биоцидной композиции, включающей перекись водорода, комплексообразователь – гексаметафосфат натрия и растворитель – воду. В экспериментах выдерживались в препарате

группы (*Poecilia reticulata* Peters) в соответствии со стандартными методиками, в растворах с разной остаточной токсичностью.

Цель нашей работы заключается в анализе морфофизиологических изменений в структуре жаберного аппарата и клеточной стенке кишечника у группы под воздействием нанокавитанта. Проводили общий биологический анализ, визуально оценивали состояние экспериментальных особей (гиперемию жаберного эпителия и отечность брюшка), а с применением гистологического анализа – морфофункциональное состояние жаберного аппарата и эпителия кишечника. У всех умерших особей отмечалась интенсивная гиперемия жаберных филламентов и респираторных ламелл. Такие серьезные нарушения, как слипание терминальных участков ламелл и дегенерация межламеллярного эпителия встречались у 95 % особей. У 97 % экспериментальных особей наблюдалось частичное или полное разрушение эпителия кишечника, что, вероятно, привело к увеличению проницаемости стенок кишечника, как следствие к сильному набуханию брюшной полости и смерти.

## **СЕКЦИЯ 7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА**

УДК 621.311

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

П.П. ДАНИЛЕНКО, МЭИ, г. Москва

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

Прогнозирование электрических нагрузок в настоящее время является одной из основных областей исследования в электроэнергетике. В России прошла приватизация энергосистем, и электроэнергия была превращена в товар, продаваемый и покупаемый по рыночной цене. Кардинальные изменения в энергетике привели к резкому росту важности прогнозов нагрузки, являющихся основой ценообразования и выбора тарифа на электроэнергию.

Методы прогнозирования электропотребления можно разделить на две группы:

- методы, в которых потребление электрической энергии рассматривается как детерминированный процесс: с применением средних

характеристик ряда динамики электропотребления (среднего абсолютного прироста и среднего темпа роста), основанные на определении коэффициентов пропорциональности между ростом электропотребления и другим показателем развития предприятия (выпуск продукции, производительность труда и др.);

- методы, основанные на предположении о вероятностном характере электропотребления.

Прогнозирование по среднему абсолютному приросту можно осуществлять, если считать общую тенденцию отпуска электроэнергии линейной кривой; по среднему темпу роста – экспоненциальной. Методы первой группы наглядны, применяются для сопоставления, сравнительного анализа, но дают весьма приближенные результаты. Общий недостаток методов второй группы – прогноз осуществляется по собственной предыстории показателя без раскрытия причин развития и представляет собой прямую экстраполяцию. Поэтому при прогнозировании необходимо учитывать как влияние на расход электроэнергии технологических показателей, так и характер их изменения во времени, т.е. использовать методы многофакторного динамического прогнозирования.

С развитием теории искусственного интеллекта появился нетрадиционный и перспективный метод прогнозирования нагрузки посредством моделей на основе искусственных (инс) и нечетких нейронных сетей (ннс). Такие модели легко адаптируются к изменениям в энергосистеме и независимы от состава потребителей узла нагрузки, обладают довольно высокой точностью и, возможно, за ними будущее.

УДК 621.313

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

С.Ю. БОРИСОВ, ТГУ, г. Тольятти

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

Одним из основных средств контроля и управления единой энергетической системой России, обеспечивающих ее устойчивость и надежность, является автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ). Диспетчерский персонал на разных уровнях диспетчерского управления, руководствуясь данными АСДУ, принимает решения по управлению магистральной электрической сетью,



распределительными электрическими сетями и энергетическими режимами. Поэтому информация, на которую опирается диспетчерский персонал в своей работе, должна быть максимально полной, достоверной и актуальной, от чего зависит своевременность и качество принимаемых диспетчером решений по управлению как отдельными энергообъектами электроэнергетических систем (ЭЭС), так и объединенными электроэнергетическими системами (ОЭС) в целом.

Передача информации о состоянии электрической сети, в том числе о положениях коммутационных аппаратов, осуществляется от устройств телемеханики в центральные приемопередающие станции или системы сбора информации и телеуправления SCADA, где она обрабатывается и подается на мониторы и щиты управления в виде схем, таблиц и графиков. Такие системы предназначены для решения основного объема информационных задач оперативного информационно-управляющего комплекса (ОИУК).

Для систем SCADA должно выполняться условие полноты информации, за счет избыточности оперативной информации о положении коммутационных аппаратов – телесигнализации, поступающей от объекта управления. В отечественных ЭЭС не везде технически выполняется это условие, так как практически отсутствует телесигнализация положений разъединителей и части выключателей. Вследствие этого ОИУК в отечественных условиях не полностью обеспечивает персонал диспетчерского управления:

- необходимой наблюдаемостью состояния электрической сети (не отображает достоверных схем электрической сети);
- автоматической диагностикой аварийных ситуаций;
- возможностью выполнения технологических задач (расчет потокораспределения, устойчивости и пр.), функционирующих в режиме on-line и помогающих диспетчеру обеспечивать надежную и экономичную работу ОЭС.

УДК 621.313

## **ОБРАЗОВАНИЕ И ПОГАСАНИЕ ОТКРЫТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ**

С.Ю. БОРИСОВ, И.В. МАРУЛИНА, ТГУ, г. Тольятти  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. ШАПОВАЛОВ

Основными проблемами, которые должен четко представлять себе оперативный персонал в связи с задачей производства оперативных переключений по отключению и включению электрических цепей, являются следующие: физические процессы образования и погасания электрической дуги, коммутационные возможности аппаратов и необходимые меры по обеспечению соответствия этой коммутационной способности и фактического отключаемого тока, возникновение перенапряжений при коммутациях и возможности их ограничения.

Свободная или открытая электрическая дуга может быть связана, например, с коммутационными операциями, осуществляемыми таким аппаратом, как разъединитель, или с пробоем изоляционного промежутка на открытом воздухе. Основные особенности такой электрической дуги – она развивается при естественном (близком к нормальному) давлении, при отсутствии средств принудительного гашения и при незащищенности (или чрезвычайно слабой защищенности) от воздействия таких внешних факторов, как ветер, атмосферные осадки, сторонние электрические и магнитные поля и т.п. Кроме того, свободная электрическая дуга, опираясь обоими своими концами на металлические детали (разомкнутые контакты коммутационного аппарата, ошиновки, заземление конструкции), в своей средней части, как правило, ни с чем, кроме окружающего воздуха, не соприкасается, и, таким образом, не стеснена в развитии. В теории электрической дуги открытая дуга – это дуга низкого давления, характеризующаяся большой длиной свободного пробега электронов.

Процесс возникновения электрической дуги при отключении коммутационного аппарата можно приближенно описать следующим образом: с началом движения контактов на размыкание начинается ослабление усилия, их сжимающего, и соответственно возрастает сопротивление перехода между этими контактами. Следствием является возрастающий нагрев в месте соприкосновения контактов, при большом токе в цепи в конечном счете вызывающим их оплавление. Возникшая в контактном переходе капля жидкого металла по ходу дальнейшего расхождения контактов растягивается между ними в так называемый контактный перешеек (перемычку), который в конечном счете разрывается (взрывается) с загоранием дуги.

УДК 621.313

## СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА ВОЗБУЖДЕНИЯ СИЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ АРВ-М

М.С. МАКЕЕВ, ТГУ, г. Тольятти

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

канд. техн. наук, доц. В.А. ШАПОВАЛОВ

Сохранение синхронной работы электростанций в электроэнергетической системе (ЭЭС) зависит от скорости восстановления напряжения при его внезапном глубоком снижении. В случае наступления асинхронного хода от скорости восстановления и уровней напряжения зависят успешность и время восстановления синхронной работы электрических станций. Поэтому автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности имеет важное значение для обеспечения статической, динамической и результирующей устойчивости электропередачи.

Регулирование возбуждения генераторов оказывает существенное влияние на переходные процессы в ЭЭС при малых и больших возмущениях, поэтому необходимо адекватное моделирование систем автоматического регулирования возбуждения. В работе рассмотрена реализация модели цифрового пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора АРВ сильного действия АРВ-М.

Разработанная модель АРВ-М описывается уравнением:

$$U_{\Sigma} = U_k + (-K_{1U} U_1 + K_{0f} f_0 + K_{1f} f_1) E_{qn} - K_{1r} I_{1r}$$

где  $K_{1U}$  – коэффициент передачи канала производной напряжения,  $K_{0f}$  – коэффициент передачи канала изменения частоты,  $K_{1f}$  – коэффициент передачи канала производной частоты,  $K_{1r}$  – коэффициент передачи канала производной тока ротора,  $E_{qn}$  – номинальная ЭДС возбуждения,  $I_{1r}$  – ток ротора,  $U_k$  – управляющее воздействие по каналу напряжения.

В модели так же реализованы традиционные для регуляторов сильного действия функции ограничения режимных параметров:

- ограничение перегрузки по току ротора с выдержкой времени, зависящей от кратности перегрузки;
- ограничение минимального возбуждения;
- форсировка возбуждения;
- в режиме форсировки ограничивается максимальный ток ротора;

- при гашении поля вместо каналов регулирования, ограничения и форсировки вступает в работу канал гашения.

На основании проведенных математических экспериментов сделан вывод о адекватности функционирования модели и о правильности подборки коэффициентов передачи каналов. Это позволяет использовать данную модель как качественный инструмент для исследования процессов протекающих в реальных ЭЭС.

УДК 621.311

## **ДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ АВАРИЙ**

В.А. КУЗНЕЦОВ, ТГУ, г. Тольятти

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

Системная авария – это нарушение нормального режима всей или значительной части электроэнергетической системы (ЭЭС). Системные аварии происходят, моментально нанося большой вред ЭЭС. Причинами системных аварий могут стать климатические условия, ошибки персонала, износ оборудования и многое другое. ЭЭС могут оказаться неустойчивыми при крупных авариях, тем самым не выполняя одно из главных требований ЭЭС – живучести.

Под делением ЭЭС понимается преднамеренное (управляемое) разделение системным оператором системы на отдельно работающие части. Каждая часть системы представляет собой новую систему, в которой выполняются условия баланса (генерация/потребление). Управляемое деление ЭЭС осуществляется путем запланированных отключений линий электропередач.

С каждой секундой существование аварийной ситуации в ЭЭС ведет к затруднению принятия оптимального решения для ликвидации аварийной ситуации, что может привести к каскадному характеру аварии. При авариях деление ЭЭС на отдельно работающие части является эффективным способом избежать системных аварий с полным отключением всех объектов ЭЭС.

На кафедре «Электроснабжение и электротехника» Тольяттинского государственного университета ведется моделирование крупных ЭЭС при развитии аварийных ситуаций. При анализе системных аварий с полным погашением системы сделан вывод, что многих погашений можно избежать,

если в авариях выполнять правильные операции по делению ЭЭС на отдельные работающие части, что позволит погасить дальнейшее распространение аварии.

Таким образом, для каждой ЭЭС необходимо заранее предусмотреть деление системы на отдельно работающие части, что при крупных авариях снизит к минимуму возможность полной потери функциональности ЭЭС.

УДК 621.311.001.57

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Д.А. КРЕТОВ, ТГУ, г. Тольятти

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

Вопросы повышения качества и надежности электроснабжения являются одним из важнейших направлений в развитии энергетики. Быстрое развитие информационных технологий дает возможность создания компьютерных моделей систем электроснабжения (СЭС). Создание адекватной компьютерной модели требует учета множества факторов. Компьютерные модели необходимы для прогнозирования развития и изучения аварийных ситуаций. Для изучения развития аварийных ситуаций в СЭС необходимо создание моделей релейной защиты и автоматики. Построение адекватных моделей релейной защиты (РЗ) невозможно без построения адекватной модели трансформатора тока (ТТ).

Создание компьютерных моделей СЭС позволило бы прогнозировать развитие аварийных режимов и оценивать возможный ущерб. Однако в любой системе электроснабжения существует множество отдельных элементов, из которых состоит СЭС. Это влечет к укрупнению и усложнению компьютерной модели, что в свою очередь ведет к увеличению времени моделирования.

Необходимо создать адекватную модель трансформатора тока, которая бы учитывала как установившиеся режимы работы СЭС, так и аварийные, и в то же время была как можно более простой.

В настоящее время созданы компьютерные модели трансформаторов тока, однако они использовались для моделирования небольших СЭС или только лишь для моделирования отдельных видов релейной защиты.

Для создания адекватной модели трансформатора тока необходимо провести анализ всех существующих моделей (ТТ) и экспериментально выявить факторы, которыми можно пренебречь. Также необходимо усовершенствовать алгоритм модели трансформатора тока для увеличения скорости счета модели.

На кафедре «Электроснабжение и электротехника» ТГУ были проведены экспериментальные исследования трансформаторов тока на напряжения 110 и 220 кВ. Данные исследования позволили выполнить компьютерное моделирование трансформаторов тока и исследовать реакцию устройств РЗ при развитии аварийной ситуации в системе электроснабжения.

УДК 621.314.27, 621.315.6

## **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ВЫХОДОМ**

Ю.В. РАХМАНОВА, З.И. ГУБАЙДУЛЛИНА, УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ

Рост промышленности, появление новых электротехнологических процессов требуют совершенствования существующих источников питания. Особое место занимают комплексы для индукционного нагрева. Особенностью таких установок являются: повышенная частота и в ряде случаев напряжение, нелинейный характер нагрузки, изменяющейся в широких пределах.

Основной частью комплекса является преобразователь, выполненный на базе полупроводникового инвертора. Так как нагрузка на индукторе может существенно отличаться от нагрузки на выходе инвертора, то необходимо согласование параметров инвертора и нагрузки. Одним из способов такого согласования является применение резонансных инверторов с бестрансформаторным повышением напряжения.

Для исследования переходных процессов была выбрана модель тиристорного мостового преобразователя напряжения с обратным диодом. Исследование этой схемы проводилось при помощи схемотехнического моделирования. Напряжение питания составило 500 В.

По полученным зависимостям было определено, что напряжение на диагонали моста имеет близкую к синусоиде форму и достигает значения 800 В. Максимальное значение тока в коммутирующем контуре 95 А.

Напряжение и ток нагрузки имеют синусоидальную форму, амплитудные значения 800 В и 350 А соответственно.

Основным достоинством данной схемы мостового инвертора является увеличенное в 2–3 раза выходное регулируемое напряжение и высокая коммутационная устойчивость тиристоров.

Таким образом, модели преобразователей с бестрансформаторным повышением напряжения позволяют изучить переходные процессы в электротехнических установках, представляющих собой сложный нелинейный резонансный модуль, и выбрать их наиболее рациональные параметры.

Предложенная схема запатентована, и результаты исследований могут применяться при разработке полупроводниковых источников питания для индукционного нагрева.

УДК 621.313

## **ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ДЕМПФИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТЬЮ**

М.Б. ГУМЕРОВА, УГАТУ, г. Уфа

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

В настоящее время особое значение приобретает исследование вопросов гашения вредных механических колебаний механизмов. Это связано, с одной стороны, с созданием новых видов транспорта, станков и механизмов, отличающихся большими мощностями и скоростью движения, а с другой стороны – с ужесточающимися требованиями к безопасности, надежности, износостойкости и комфортности в эксплуатации и обслуживании. Широкое распространение в амортизационных системах получили электродинамические демпфирующие элементы (ЭДЭ) с цилиндрическими полыми немагнитными роторами, так как они лишены недостатков, присущих гидравлическим и фрикционным тормозам, таким как зависимость тормозного момента от свойств жидкости, быстрая изнашиваемость трущихся частей.

Конструктивной особенностью исследуемого ЭДЭ является наличие двойного полого ротора, что приводит к увеличению тормозного электромагнитного момента [1]. Обозначим такой демпфирующий элемент ДЭДЭ.

Представляет интерес произвести сравнение ДЭДЭ и ЭДЭ. Сравнение производится при условии равенства длин индукторов  $l$ , немагнитных зазоров, скоростей вращения роторов. Сумма толщин роторов ДЭДЭ равна толщине ротора однороторного ДЭ  $A_1 + A_2 = A_0$ , диаметр ротора ЭДЭ равен диаметру внешнего «стакана» ДЭДЭ. Найдем отношение площадей рабочих поверхностей, характеризующих условия охлаждения, а также объемов активных частей, соответствующих энергоемкости ДЭДЭ и ЭДЭ:

$$\frac{S_{\Sigma \text{ ДЭДЭ}}}{S_{\text{ЭДЭ}}} = \frac{\pi D_1 l + \pi D_2 l}{\pi D_1 l} = \frac{D_1 + D_2}{D_1} > 1 \quad ; \quad \frac{V_{\Sigma \text{ ДЭДЭ}}}{V_{\text{ЭДЭ}}} = \frac{\pi D_1^2 l + \pi D_2^2 l}{\pi D_1^2 l} = \frac{D_1^2 + D_2^2}{D_1^2} > 1 \quad .$$

Из выражений видно, что при  $\frac{D_2}{D_1} = 0,5$  ДЭДЭ в 1,5 раза эффективнее охлаждается по сравнению с ЭДЭ, энергоемкость ДЭДЭ выше в 1,25 раза.

Таким образом, наличие в исследуемом ДЭДЭ двойного полого ротора позволяет увеличить электромагнитный тормозной момент, повысить энергоемкость, улучшить условия охлаждения, по сравнению с ЭДЭ.

Литература:

1. Саттаров Р.Р., Исмагилов Ф.Р., Гумерова М.Б. Механические характеристики электромагнитных демпфирующих элементов с двойным ротором // Вестник ЮУрГУ № 32(208) 2010. Серия «Энергетика» вып.14. Челябинск. 2010. – С. 59–63.

УДК 621.314.58

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ**

Р.Р. ИСМАГИЛОВ, А.С. ГОРБУНОВ, УГАТУ, г. Уфа  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.Э. РОГИНСКАЯ

В современной промышленности для обработки металлов применяются разнообразные способы их нагрева. К ним относятся: нагрев в печах сопротивления, индукционный нагрев, электроконтактный нагрев, электронно-лучевой нагрев, электродуговой нагрев, радиационный нагрев. В последнее время все большее распространение получает индукционный нагрев, как наиболее перспективный и обладающий рядом преимуществ.

Установка для индукционного нагрева включает в себя источник переменного напряжения, преобразователь частоты (ПЧ), индуктор, компенсирующую батарею конденсаторов, а также, при необходимости,



устройство для согласования выходного напряжения ПЧ и номинального напряжения индуктора.

В качестве согласующего устройства могут использоваться высокочастотные нагрузочные трансформаторы. Для данных трансформаторов важными показателями являются потери при высокой частоте питания, которые зависят, в том числе, от материала магнитопровода. По настоящее время у выпускаемых высокочастотных трансформаторов в качестве материалов магнитопроводов применяются электротехническая сталь, магнитодиэлектрики и ферриты. Недостатком электротехнических сталей являются довольно высокие потери на высоких частотах, а у магнитодиэлектриков и ферритов сравнительно низкая рабочая индукция.

Применение в качестве материалов магнитопроводов аморфных и нанокристаллических сплавов позволяет получить более высокие показатели. Проведенные расчеты показали, что в случае применения данных новых материалов можно получить высокую рабочую индукцию и низкие удельные потери при высокой частоте питания, что также приводит к значительному сокращению массогабаритных показателей трансформаторов и всего ПЧ.

В настоящее время на предприятиях г. Уфы не выпускаются ПЧ с согласующими трансформаторами с магнитопроводами из аморфных и нанокристаллических сплавов. Проведенные расчеты и моделирование показали возможность выпуска ПЧ с новыми материалами согласующих трансформаторов.

УДК 621.3

## **ИНДУКТИВНО-ЕМКОСТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Р.Т. ХАЗИЕВА, УГНТУ, г. Уфа

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

Индуктивно-емкостные преобразователи (ИЕП) используются для стабилизации тока в лазерах и для заряда аккумуляторных батарей, накопительных конденсаторов, в системах электроснабжения и других устройствах в качестве преобразователей источника ЭДС в источник тока. ИЕП обеспечивает ток в нагрузке, пропорциональный входному напряжению и не зависящий от сопротивления нагрузки.

Однако в случае необходимости изменения тока в нагрузке требуется формирование нового  $LC$ -контура. Возникает необходимость создания нового устройства с требуемыми параметрами компонентов резонансного контура.

Предложено техническое решение ИЕП с дискретно регулируемыми параметрами  $LC$ -контура, выполненного в виде единого конструкторско-технологического компонента, состоящего из двух проводящих обкладок, свернутых в спираль и разделенных диэлектриком. При этом по всей длине первой обкладки расположены выводы, подключенные к первому коммутационному блоку, а вторая обкладка выполнена из нескольких секций, с выводами, подключенными ко второму коммутационному блоку. Нагрузка подключена к обкладкам единого конструкторско-технологического компонента через коммутационные блоки. При этом варианты подключения выводов проводящих обкладок и количество подключаемых секций определяются блоком управления и контроля, исходя из условий резонанса и величины требуемого тока нагрузки.

Перспективным направлением является разработка способов конструктивной интеграции гибридных ИЕП, позволяющих за счет уменьшения числа компонентов значительно уменьшить массу и габариты устройства, снизить стоимость изготовления, расширить функциональные возможности применения.

УДК 621.31

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕХНОЦЕНОЗА**

У.Ф. ЮМАГУЗИН, (ф) УГНТУ, г. Салават  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.Г. БАШИРОВ;  
канд. экон. наук, доц. Н.Н. ЛУНЁВА

Энергоэффективность и энергосбережение входят в пять стратегических направлений приоритетного технологического развития Российской Федерации. Основой энергосбережения является последовательная реализация комплекса технических и технологических мер, которым должна предшествовать оптимизация электропотребления техноценоза, включающая несколько этапов: сбор данных об электропотреблении, статистический анализ и построение эмпирической модели, прогнозирование, нормирование и формулировка предложений по

оптимизации потребления электроэнергии. Нормирование электропотребления включает в себя взаимосвязанные процедуры рангового и кластерного анализа. Ранговый анализ позволяет упорядочивать информацию, выявлять и представлять объекты с аномальным электропотреблением, эффективно осуществлять прогнозирование электропотребления отдельными объектами и техноценозом в целом. Ранговое распределение осуществляется по результатам аппроксимации отранжированных входных данных. Кластерный анализ позволяет разбивать объекты по группам и осуществлять нормирование электропотребления объектов в каждой группе. Статистически внутри кластера функциональные параметры объектов должны распределяться по нормальному закону.

Решение задач кластерного и рангового анализа, прогнозирования, аппроксимации данных способны осуществить искусственные нейронные сети – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Входными данными для нейронной сети является информация об электропотреблении объектов техноценоза. После обучения нейронная сеть способна прогнозировать будущее значение потребления электроэнергии на основе предыдущих значений, осуществлять классификацию и ранжирование входных данных, выявлять новые, неизвестные ранее классы, выявлять взаимосвязи между различными параметрами, влияющих на потребление электроэнергии.

УДК 621.31

## **КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 6–10 кВ**

Е.Е. ГОРБАЧЕВ, СамГТУ, г. Самара

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

Проблемы энергосбережения и повышения эффективности являются основными в развитии энергоемких технологий и производств. Повышения энергоэффективности можно добиться за счет замены устаревшего оборудования на новое (например, отказ от регулирования напора насосной установки клапаном и замена привода на частотно-регулируемый позволяет сократить энергопотребление на треть), но этот способ является затратным на начальном этапе. Менее затратный способ – компенсация реактивной составляющей мощности нагрузки. Для нормальной работы электрооборудования коэффициент мощности необходимо

поддерживать на уровне 0,85–0,95. Но на предприятиях с большим количеством дуговых и рудотермических печей коэффициент мощности находится на уровне 0,1–0,6. При этом на 1 МВт активной мощности приходится 1,67 МВ·А полной (при  $\cos\varphi=0,6$ ) и 1,33 Мвар реактивной мощности. При повышении  $\cos\varphi$  до 0,9 на 1 МВт активной мощности будет приходиться 1,11 МВА полной мощности и 0,48 Мвар реактивной. Таким образом, снижается объем потребления полной мощности и создается резерв по полной мощности у существующей трансформаторной подстанции. Также при снижении реактивной составляющей мощности уменьшается и полный ток в цепях, за счет этого снижаются потери активной мощности в проводниках (так как они пропорциональны квадрату тока нагрузки). На практике снижение потерь составляет порядка 2–5 %.

Выводы: Повышения энергоэффективности с наименьшими затратами можно добиться за счет компенсации реактивной мощности. При этом расширяется потенциал существующих трансформаторных подстанций и повышается качество электроэнергии, что положительно сказывается на сроке службы электрооборудования.

УДК 620.9

## **РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Д.А. ЗУБАРЕВ, НХТИ, г. Нижнекамск  
Науч. рук. канд. пед. наук, доц. П.А. ИЗОТОВА

В условиях устойчивой тенденции роста цен на энергоносители, истощения природных ресурсов и ограниченности бюджетных средств наиболее актуальной в последние годы продолжает оставаться проблема создания эффективного механизма рационального использования энергетических, ресурсных и финансовых затрат в бюджетной сфере. Незрелость мотивационного механизма стимулирования работников, отсутствие финансирования по вопросам повышения квалификации в области эффективного использования энергетических, финансовых и ресурсных затрат, недостаток методических и методологических разработок приводит к ежедневным неоправданным потерям электроэнергии, холодной и горячей воды, тепла, газа в каждой бюджетной организации. В масштабах Муниципального образования – это уже составляет десятки тысяч рублей

неоправданных потерь ежедневно, которые целесообразно использовать на иные социальные нужды города и района.

В свете указанных проблем важное значение приобретает актуальная задача разработки и совершенствования системы эффективного использования энергоресурсов в бюджетной сфере Муниципального образования.

Основной целью работы является создание системы эффективного использования энергетических, природных и финансовых ресурсов в бюджетной сфере муниципального образования.

Научная новизна работы состоит в том, что определены оптимальные организационные, правовые и экономические условия для реализации программы по ресурсосбережению в бюджетных организациях муниципального образования.

Нами разработана система эффективного использования энергетических ресурсов в бюджетной сфере муниципального образования, которая может быть использована при реализации программы энергосбережения в бюджетных организациях.

УДК 621.311

## **ОБЗОР ПРИЧИН НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Д.В. ВИЛЯВИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Одним из актуальных вопросов исследования динамических режимов работы электропривода (ЭП) является исследование устойчивости ЭП. Как показывают эксперименты, на рабочем участке механических характеристик, в ряде случаев, могут наблюдаться устойчивые автоколебания выходных величин. Колебания нарушают нормальную работу ЭП, усложняют расчет рабочих параметров электродвигателей, ухудшают качество регулирования координат и энергетику ЭП. Характер и количественные показатели колебательных процессов весьма различны. Они зависят от множества параметров и факторов, в число которых можно включить:

- величину угла включения клапанов для регулируемых ЭП;
- параметры электродвигателя;
- моменты нагрузки на валу электродвигателя;
- суммарный приведенный момент инерции электропривода;

- начальные электромагнитные условия (НЭМУ);
- начальную скорость электродвигателя.

Появление автоколебаний в системе ЭП возможно объяснить нелинейностью параметров электропривода. Колебательный процесс можно условно разделить на две категории – режимы малых и больших колебаний.

Малые колебания – это незатухающие гармонические колебания выходных параметров ЭП при условии, что скорость ротора мало изменяется.

Вторая категория – это режим больших колебаний. В данном случае скорость двигателя может превысить синхронную, а область колебаний может быть довольно значительной.

Также немаловажными причинами, влияющими на устойчивость работы ЭП, являются:

- снижение питающего напряжения;
- наброс механической нагрузки свыше номинальной;
- включение находящихся рядом мощных силовых установок;
- короткие замыкания в системе питания;
- обрыв фаз.

Это определяет задачу по разработке методов исследования устойчивости, по расчету параметров переходных процессов, а также оценки влияния различных факторов на надежную работу ЭП.

УДК 621.311

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ В ТВЕРДОЙ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

Р.В. ГОЛЯЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Надежность систем электроснабжения во многом определяется безаварийной работой линий электропередачи, значительную часть которых составляют распределительные сети напряжением 6-35 кВ. Известно, что большая часть повреждений в системах электроснабжения (примерно до 80 % от общего числа повреждений) приходится именно на распределительные сети.

Анализ статистики повреждаемости электрооборудования показывает, что значительная доля коротких замыканий связана с возникновением дефектов изоляции в сети 6-10 кВ. Старение изоляции происходит по

нескольким причинам: воздействие на изоляцию воды, времени, механические воздействия, а также электрическое старение.

В настоящее время подробно исследованы виды дефектов кабельных линий, факторы, влияющие на изоляцию кабельных линий, механизмы возникновения пробоя, а также методы испытания и диагностики изоляции, выявлены их основные недостатки и преимущества. Проведённое исследование показало, что большинство существующих методов испытания и диагностики изоляции не позволяют в достаточной мере прогнозировать возникающие дефекты изоляции и определять место будущего дефекта, а реагируют уже на случившийся дефект. Одним из существующих прогнозирующих методов является метод измерения тангенса угла  $\delta$  кабельной линии. Проведено исследование существующих математических моделей, ориентированных на определение характера повреждения кабельной линии и выявление места дефекта определены их основные преимущества и недостатки. На основе проведённого исследования создана математическая модель, которая позволит с большей точностью определять характер повреждения. Для выявления будущего места дефекта, в программе MatLab, определены графические значения емкостей, которые соответствуют определённым дефектам изоляции, т.е. создана зависимость развития дефектов в твёрдой изоляции кабельных линий.

УДК 621.313:620.9

## **АНАЛИЗ СТАТИКИ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

И.А. ЗИГАНГИРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Анализ повреждаемости парка трансформаторов и автотрансформаторов напряжения 110-500 кВ, мощностью 63 МВ·А и более, эксплуатируемых на предприятиях электрических и межсистемных сетей России, показывает, что удельное качество технологических нарушений в работе указанных трансформаторов, приведших к отключению действием автоматических защитных устройств или вынужденному отключению персоналом по аварийной заявке, составляет 1,8 % в год. При этом около 30 % от общего числа таких технологических нарушений сопровождалось возникновением внутренних коротких замыканий.

В современных условиях роль диагностики при эксплуатации оборудования значительно увеличивается. При этом очевидно, что система диагностики трансформаторов и другого оборудования должна иметь полноценное информационное, техническое, нормативное обеспечение, а также стратегию принятия решений о возможности и целесообразности дальнейшей эксплуатации оборудования или необходимости вывода в ремонт.

Оценка состояния силовых трансформаторов в эксплуатации производится по комплексу контролируемых параметров и их нормативам. При этом основным документом, регламентирующим перечень испытаний трансформаторов при вводе в работу и в процессе эксплуатации, предельно-допустимые значения контролируемых параметров и периодичность контроля, является руководящий документ «Объем и нормы испытаний электрооборудования», позволяющий реализовывать принцип комплексного подхода к оценке состояния силовых трансформаторов и принятия решений по их дальнейшей эксплуатации.

Целью нашей работы является проведения исследования статистики отказов силовых трансформаторов. Выявление закономерностей возникновения и развития дефектов обусловлено последовательностью деградаций отдельных элементов силовых трансформаторов в результате дальнейших отказов после восстановительных ремонтов.

Таким образом, представляется целесообразным проведения анализа статистики отказов силовых трансформаторов для оценки их текущего состояния и прогнозирования остаточного ресурса.

УДК 621.313:620.9

## **ВИБРОДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Р.Ш. ИСХАКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Современные статистические данные показывают, что 80 % потребителей электрической энергии – электрические двигатели, выход из строя которых приводит к тяжелыми последствиям и нарушениям технологического процесса: брак продукции, простой оборудования, возникновения аварийных ситуаций. Своевременная диагностика и прогнозирование помогают избежать этих последствий. Диагностика – это эффективный способ определения дефектов оборудования. Вибрация



электродвигателей – это основной фактор возникновения неисправностей. Вибрационная диагностика хороша тем, что помогает определить вид неисправности без вывода в ремонт и остановки.

В данной работе рассмотрены основные причины возникновения вибрации. Проведен анализ существующих методов диагностики. Рассмотрен и проанализирован ряд программ вибрационной диагностики. Выполнен анализ способов определения дефектов, разработана классификация методов и способов вибрационной диагностики электродвигателей. Нами выбран метод диагностики по спектральному анализу сигнала. Спектральный анализ – является основным способом определения повреждений и дефектов как электрических двигателей, так и другого электрооборудования. По результатам вибрационной диагностики оценивается степень износа и ресурс оборудования. Если оборудование находится на грани выхода из строя, то принимаются меры по устранению повреждений.

УДК 621.313.620.9

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Д.Б. КОРНИЛОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Актуальность исследования причин отказов в кабельных сетях (КС) вызвана результатами анализа аварийности в целом в городах с населением более 100 тыс. жителей, где повреждения КЛ 6-10 кВ является причиной 80-90 % от всех отключений.

Если выход из строя КЛ из-за механических повреждений требует точного исполнения требований нормативно-технических документов по техническому обслуживанию КЛ и организационных мероприятий по работе с населением, строительно-монтажными организациями, предприятиями, обслуживающими инженерные коммуникации в городах, то широкий спектр причин ухудшения кабельной изоляции требует исследований на ранней стадии: от заводской поставки кабельной продукции до разборки вышедших из строя участков кабеля и кабельной арматуры и определения причин отказов.

Идеология диагностики кабельных сетей непосредственно изложена в «Положении о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» в распределительном электросетевом комплексе», которая в разделе о диагностике кабельных линий сформулирована следующим образом: «В кабельных сетях следует перейти от разрушающих методов испытаний на неразрушающие методы диагностики состояния кабеля с прогнозированием состояния изоляции кабеля».

Особенностью неразрушающих методов испытаний является то, что в момент их проведения кабель не подвергается старению и не выводится в ремонт, а результаты испытаний дают информацию об остаточном ресурсе кабеля, который, как правило, отличается от срока службы, так как ресурс определяет фактическую наработку кабеля, а срок службы характеризует календарное время с момента ввода кабеля в эксплуатацию, независимо от наработки и коэффициента нагрузки. Одним из методов неразрушающей диагностики является метод регистрации частичных разрядов.

Сущность метода измерения частичных разрядов заключается в следующем. В момент появления частичного разряда в кабельной линии возникает два коротких импульсных сигнала, длительности которых десятки-сотни наносекунд. Эти импульсы распространяются к разным концам кабельной линии. Измеряя импульсы, достигшие начала кабеля, с помощью высокочастотных датчиков тока можно определить расстояние до места их возникновения и уровень.

Поиск дефектов является одной из важнейших задач технического диагностирования. В большинстве случаев эта задача решается с помощью моделей дефектов. Формализованное описание дефектов в виде их моделей возможно с помощью множества параметров, в том числе и характеристик ЧР.

УДК 621.311

## **ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА КАК СПОСОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Г.И. СИРАЗЕТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

В последнее время проблема рационального использования энергетических ресурсов приобретает все большую актуальность. Энергосбережение в светотехнических установках достигается путем

снижения расхода электроэнергии, совершенствования средств, способов освещения, организации правильной эксплуатации.

В работе рассмотрены пути снижения стоимости световой энергии на промышленных предприятиях за счет выбора более эффективных источников света, в частности, выявлены преимущества в технических характеристиках и условиях эксплуатации твердотельных источников света перед традиционными.

Исследуется влияние различных факторов на целесообразность применения светодиодов для общего освещения, сочетающих как технологические, так и рыночные аспекты. Анализируются оптические компоненты светодиодного источника, работающие при повышенной температуре, воздействию ультрафиолетового и синего света в условиях влажности и сырости. На оптическую систему может оказать положительное влияние модернизация схемы вывода света из чипа, для чего могут быть использованы фотонные кристаллы или резонаторы. Таким образом, для повышения эффективности необходима максимизация использования света светодиода в светильнике, включая все оптические потери, и минимизация таких артефактов, как мультитенение или цветные кольца. В работе также рассмотрены интегрированные методы теплового контроля, способные защитить светодиодный источник, сохранить светоотдачу и качество светильника в течение срока службы при низкой стоимости. Из-за неравномерного отвода тепла с краев матрицы и из ее середины светодиоды нагреваются по-разному, и, соответственно, по-разному изменяется их цвет в процессе старения: суммарные яркость и цветовая температура теряют свои качества за время эксплуатации. Также рассмотрены пути решения проблемы совместимости источников с существующей энергетической инфраструктурой, так как использование преобразователей переменного тока накладывает определенные ограничения на светодиодные устройства.

УДК 621.3; 53.072

## **СПЕКТРАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

С.Л. СЕМЕНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Основным фактором, определяющим эксплуатационную надежность кабельных линий (КЛ), является качество изоляции КЛ, а также качество монтажа муфт и разделок. Основные причины пробоев жил кабелей

обусловлены: низким качеством производства, механическими повреждениями при прокладке, коррозией металлической оболочки, старением изоляции КЛ. Таким образом, своевременное выявление мест повреждения изоляции КЛ не теряет своей актуальности.

Одним из методов выявления дефектных мест является диагностирование КЛ методом амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) гармонического спектра периодического синусоидального сигнала подаваемого на участок КЛ. Суть метода состоит в следующем: на образец кабеля подается синусоидальный сигнал с помощью генератора Tie Pie Handyscope HS3. В случае питания образца от сети является обязательной фильтрация сетевых гармоник. Handyscope HS3 позволяет генерировать сигналы с диапазоном частоты от 0,1 Гц до 12,5 МГц с максимальной амплитудой сигнала 12 В, а также одновременно просматривать два сигнала, на входе и на выходе кабеля. Данный анализ позволяет выявлять микроскопические дефекты изоляции кабеля.

В ходе исследования был проведен спектральный анализ сигнала на КЛ из сшитого полиэтилена. По результатам спектральной диагностики оценивалась степень износа и ресурс КЛ.

УДК 621.311

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**

И.Н. ФОМИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Х. МУХАМЕТГАЛIEEV

В настоящее время реализуется два основных направления мероприятий, направленных на снижение потребления электрической энергии в двигательном электроприводе:

- переход к регулируемым электродвигателям;
- разработка новых энергоэкономичных электродвигателей.

В рамках первого направления осуществляется активное применение преобразователей частоты на основе полупроводниковых элементов. Однако наряду с существенной экономией электроэнергии возникают некоторые проблемы, такие как: проблема с электромагнитной совместимостью (ухудшение качества электроэнергии), низкие энергетические показатели, снижения срока службы двигателя, старение изоляции из-за блуждающих токов и т.д. На сегодняшний день с целью получения высоких электромеханических показателей с улучшенной энергетической и

электромагнитной совместимостью с питающей сетью, в силовой части электропривода используют новейшую топологию транзисторного двухзвенного непосредственного преобразователя частоты с микропроцессорной системой управления. Отличие его от традиционных двухзвенных преобразователей аналогичного назначения состоит в том, что в схеме нового преобразователя частоты отсутствует громоздкий фильтр в промежуточном звене постоянного тока.

Второе направление подразумевает внедрение в производство новых энергосберегающих двигателей. В них, за счет увеличения массы активных материалов (меди и железа), повышены номинальные значения КПД и  $\cos\varphi$ . Целесообразность создания и применения энергосберегающих двигателей в таких приводах должна оцениваться с всесторонним учетом дополнительных затрат, поскольку небольшое – на несколько процентов – повышение номинальных КПД и  $\cos\varphi$  достигается за счет увеличения массы железа на 30–35 %, меди – на 20–25 %, алюминия на 10–15 %.

Вышеперечисленные мероприятия на сегодняшний день являются наиболее эффективными и позволяют значительно сэкономить электроэнергию, улучшить механические характеристики электропривода и повысить надежность.

УДК 621.313

## **МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

Д.З. ХАКИМЗЯНОВ, А.С. ВАЛЕЕВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.Ю. МАРКИН

Определение рациональной величины установленной мощности двигателя главного движения станков заключается в том, что основную часть рабочего времени станок работает в режимах, когда загрузка двигателя по мощности составляет 20–40 % от устанавливаемой мощности двигателя. В то же время технологические возможности станка позволяют выполнять обработку деталей в тяжелых режимах нагружения, при которых требуемый средне-эффективный момент (мощности) будет в 2–3 раза больше. Такие режимы работы являются редкими в общем балансе рабочего времени и не превышают 5 %. В настоящее время не было предложено путей разрешения указанного противоречия, сказывающегося на определении рациональной величины мощности двигателя. Поиску одного из таких путей посвящена работа.

Многодвигательный электропривод состоит из трех частей:

- силовой (энергетической) установки, включающей несколько (например, два) электродвигателей (ЭД), суммарная мощность которых равна максимальной эффективной мощности резания;

- информационной системы, регистрирующей изменение нагрузки при заданной частоте вращения путем контроля активного и реактивного токов статора электродвигателя, а также режим перегрузки встроенным в статор датчиком температуры;

- электронной (микропроцессорной) системы управления, обеспечивающей поочередное или совместное включение электродвигателей в соответствии с требуемой на данном переходе мощностью резания.

Применение привода позволяет улучшить использование мощности ЭД и приблизить значение КПД при практически любых режимах обработки к максимальному значению.

УДК 621.313:620.9

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Х.Ф. ШАЙМАРДАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Электрооборудование, установленное в отечественной энергосистеме, зачастую отработало свой срок службы и требуют замены на более новое и современное. Однако в некоторых случаях оно имеет хорошую работоспособность. С целью эффективной замены электрооборудования, исчерпавшего свой срок эксплуатации, на новое в последние годы развивается направление неразрушающей диагностики. Принципом такой диагностики является сбор информации, характеризующий износ и дальнейшую работоспособность оборудования. Сбор такой информации требует ее фиксирования в электронно-вычислительной аппаратуре, а именно на компьютере, для дальнейшего редактирования и использования в различных программных продуктах. Но при фиксации информации о диагностируемом объекте возникают проблемы с переводом данных в редактируемый вид.

Ощутить такую проблему нам пришлось в программном обеспечении (ПО) диагностического комплекса от компании CIRCUTOR – Power Vision v1.8.

При получении данных на компьютер с диагностического комплекса AR-5M мы получаем файл с двоичным кодом и расширением STD, где хранится вся информация о проведенной диагностике. Для анализа этих данных компания CIRCUTOR (производитель анализатора качества и количества электроэнергии AR-5M) разработала ПО Power Vision, которое поставляется в комплекте диагностического комплекса. Данная программа очень проста в использовании и имеет понятный интерфейс, где полученные данные можно представить в виде графиков, таблиц, списков и экспортировать в формат TXT. В ходе работы с диагностическим комплексом обнаружили некоторые ее недостатки: обработанная информация сохранялась лишь в виде картинок, т.е. полученные графики и таблицы со значениями выводятся как рисунки, скопировать данные с которых нельзя. Выход в данном случае должен дать экспортный файл с расширением TXT. С этого файла можно скопировать данные, но они представлены в виде по порядку идущих значений измерений через произвольно задаваемый разделитель.

Цель данной работы – создать новое ПО, позволяющее автоматически обработать полученные данные и отслеживать их изменения.

УДК 621.311

## **ПЛАНИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ООО ПКФ «БЕТАР»**

В.Г. ЯКИМОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.В. ВАГАПОВ

Анализ работ по планированию потребления электроэнергии выявил два преобладающих направления исследований. Первое заключается в использовании сложного математического аппарата, который достаточно трудоемкий в применении и требует точных входных данных по потреблению электроэнергии. Второе направление исследований предлагает существующие методики, применяемые в данное время на большинстве промышленных предприятий, практически не учитывающие изменения экономических условий, поскольку в них рассматривается длительный устойчивый период времени потребления электроэнергии.

Анализ путей снижения расхода электроэнергии на ООО ПКФ «БЕТАР», затрачиваемой при выпуске продукции, выявил необходимость в изучении потребления электроэнергии отдельными технологическими

элементами в зависимости от объема выпускаемой продукции. Энергетические характеристики оборудования, занятого в технологическом процессе, имеются на большинстве промышленных предприятий. Данная информация позволяет с достаточной точностью рассчитать потребление электрической энергии в зависимости от операционного времени, затраченного на выпуск конечной продукции.

Однако, как показали результаты исследований на ООО ПКФ «БЕТАР», применение статистических методов расчета не дает прогнозов необходимой точности, поэтому использовалось математическое моделирование. Были получены зависимости потребления электроэнергии от загрузки основного технологического оборудования, для которого были разработаны соответствующие математические модели.

По результатам исследований создана обобщенная математическая модель всего производства, представляющая на выходе прогнозный план суточного электропотребления ООО ПКФ «БЕТАР», позволяющий проводить детальный анализ электропотребления на каждом технологическом участке.

УДК 621.311

## **ПОВЫШЕНИЕ КПД АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

А.К. АБДРАХМАНОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Одним из технических решений энергосбережения для отдаленных энергоприемников является использование мини – ТЭЦ (мини–ТЭС), так как данные установки могут работать на всех видах топлива (жидком, твердом и газообразном), имеют широкое распространение и попутно с электрической энергией могут вырабатывать как тепловую энергию (когенерация), так и энергию холода (тригенерция). Широкий выбор мощностей генераторов позволяет подстроиться под любые производственные мощности.

Наиболее очевидным решением энергосбережения является повышение КПД теплообменного аппарата путем совершенствования теплообменных процессов и внедрения интенсифицированных тепловых элементов, обеспечивающих турбулизацию потока теплоносителя.

Турбулизаторы потока могут быть накатаны прямо на гладкой трубе в виде кольцевых канавок (на внутренней поверхности трубы получатся плавно очерченные выступы). (Рис. 1)



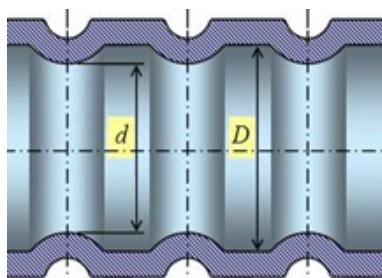


Рис. 1. Кольцевые турбулизаторы

Накатка на трубах позволяет турбулизовать только пристенный ламинарный слой, поэтому затраты энергии увеличиваются незначительно. Так, при росте коэффициента теплопередачи в 2 раза гидравлическое сопротивление увеличивается только в 2,5 раза (при турбулизации всего потока оно вырастает более чем в 10 раз).

При этом интенсивность теплообмена в ряде случаев может сильно возрасти. Немаловажным является то, что в интенсифицированных элементах практически отсутствует осаждение частиц и возникновение накипи в трубах теплообменника, что, как следствие, приводит к увеличению срока службы.

УДК 621.3.072.9

## **ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Б.Ф. АХМЕТОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Х. МУХАМЕТГАЛЕЕВ

Решение задач комплексной автоматизации промышленных установок и технологических комплексов в различных областях народного хозяйства непрерывно повышает требования к системам регулирования электроприводами. При этом потребитель всё больше выдвигает требования к надёжности привода, его быстрому вводу и удобствам в эксплуатации. До конца 80-х годов двадцатого века в качестве регулируемого электрического привода преимущественно применялся электрический привод постоянного тока на основе системы двигателя постоянного тока, управляемого преобразователем постоянного напряжения. Это было обусловлено в первую очередь высоким КПД, жесткой механической характеристикой и широким диапазоном регулирования частоты вращения подобных приводов. Машины, работавшие на переменном токе, традиционно проигрывали по этим

показателям и применялись лишь на малоответственных и не требовавших высокой точности регулирования установках.

Но в настоящее время идет совершенствование систем управления электрического привода переменного тока и открывается широкая возможность их использования. Благодаря тому, что асинхронная машина с короткозамкнутым ротором имеет меньший момент инерции ротора, большую перегрузочную способность по моменту и простую конструкцию, чем общепромышленная машина постоянного тока, асинхронный электрический привод позволяет обеспечить более высокое быстродействие, чем привод постоянного тока.

Одним из перспективных направлений применения частотно-регулируемого асинхронного электропривода является система векторного управления асинхронным двигателем. Но широкое применение подобного привода тормозится рядом проблем при проектировании и эксплуатации подобных приводов.

УДК 621.311

## **РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ**

Р.М. ГИЗДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.В. ВАГАПОВ

К 2008 году 80 млн кВт мощностей электростанций России выработали свой ресурс, т.е. треть мощностей электростанций требует замены. Все это свидетельствует о нарастающей угрозе аварийных перебоев в электроснабжении.

Таким образом, наряду с большой энергетикой в современных условиях весьма значительной становится и роль объектов малой энергетики, а именно создание автономных генераторов с диапазоном мощностей 3 кВт и выше.

Очерченный круг проблем обозначает актуальность вопроса создания источника электроэнергии малой мощности, работающего либо параллельно с сетью, либо полностью автономного, и оценки надежности системы электроснабжения при наличии в ней генераторов малой мощности с приводом от газопоршневых и газотурбинных двигателей.

Длительный перерыв в электропитании может привести к материальному ущербу и другим, не менее серьезным последствиям.

Бесперебойное питание можно реализовать, осуществив электропитание каждого потребителя от двух независимых источников одновременно, однако подобная схема имеет ряд недостатков.

Поэтому была выбрана схема работы автономного генератора на выделенную нагрузку. При этом необходимо отметить малую проработанность вопросов автоматизации энергетических источников, работающих на выделенную нагрузку.

Для решения данной задачи была смоделирована работа когенерационных источников в ПК MatLab.

По результатам получены характеристики обеих систем, позволяющих оценить преимущества и недостатки рассматриваемых технических решений.

УДК 621.311

## **СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ ФОРМ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БАЗЕ СОБСТВЕННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Д.Ф. ГУЗАЕРОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.В. ВАГАПОВ

Биогазовая энергетика является альтернативой магистральному природному газу и централизованному электроснабжению. В настоящее время актуальность биогазовых технологий возрастает. Происходит их широкое внедрение по всему миру в связи с быстрым ростом цен на газ и электроэнергию. Биогазовые установки, использующие в качестве первичного сырья навоз животных, являются простыми. Микроорганизмы, участвующие в процессе брожения, попадают в метантенк вместе с первичным источником, поэтому не требуется приобретение дорогостоящей микрофлоры. Также не существует необходимости в промежуточных реакторах гидролиза. Применение биогазовой установки позволяет одновременно решать проблемы утилизации органических отходов и сокращать дефицит энергетических и агрохимических ресурсов. Для получения электроэнергии и тепла применяют когенерационные установки. Они представляют собой оборудование для комбинированного производства электроэнергии и тепла, в них применяются газопоршневые двигатели внутреннего сгорания. Из 1 м<sup>3</sup> биогаза в когенерационной теплоэлектростанции возможно выработать 2,4 кВт·ч электроэнергии + 2,8 кВт·ч тепловой при условии 60 % метана в биогазе. Существуют

сложности в выборе когенерационной установки. Для решения данной проблемы разрабатывается алгоритм выбора элементов когенерационной станции в программе MatLab.

Методика выбора включает в себя следующие алгоритмы:

- выбор конструкции установки;
- выбор размеров реактора;
- выбор диаметра труб;
- выбор перемешивающих устройств;
- выбор системы подогрева;
- выбор поршневого двигателя и генератора.

УДК 621.311

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА**

А.С. ЗЕЙНЕТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Энергоэффективность потребления тепловой энергии в условиях централизованного теплоснабжения – это в первую очередь технологический процесс её оптимального использования при обязательном соблюдении требуемой комфортности в помещениях здания.

Целью данной работы является изучение оборудования индивидуального теплового пункта (ИТП), а также оптимизация потребления тепловой энергии за счет внедрения ИТП в общественные, производственные здания.

Индивидуальный тепловой пункт – комплекс устройств, расположенный в обособленном помещении, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, их работоспособность, управление режимами теплоснабжения, трансформацию, регулирование параметров теплоносителя и распределение теплоносителя по типам потребления (рис. 1).

Внедрение ИТП позволяет поддерживать комфортную температуру в помещениях, независимо от погодных условий, а также циркуляцию горячей воды и поддержание ее температуры в пределах 55–60 °С.

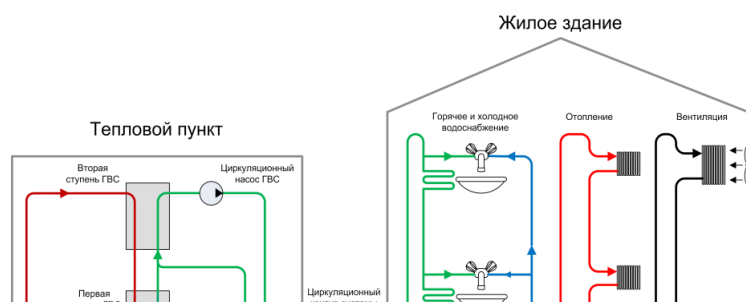


Рис. 1. Схема подключения ИТП

УДК 621.311

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА В ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

М.О. КОЗЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Целью данной работы является оценка возможности использования теплового насоса для закрытых, независимых систем отопления малых зданий.

Принцип работы теплового насоса заключается в использовании хладагента в качестве первичного теплоносителя, получающего тепло низкого потенциала и передающего трансформирующую тепловую энергию вторичному теплоносителю (вода, антифриз и т.д.) системы отопления.

Существуют различные варианты тепловых насосов:

- скважинного типа. Сбор тепла с глубины > 10 метров;
- горизонтального типа. Сбор тепла с поверхностного слоя земли;
- воздушного типа. Современные модели могут работать при температуре до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- водяного типа. Вода обладает самой большой теплоемкостью.

Преимущества тепловых насосов заключается в их экономичности, возможности использования в зимнее время на отопление, в летние на кондиционирование; а также в безопасности и экологичности.

К недостаткам можно отнести высокие первичные затраты.

УДК 621.311

## **ЭНЕРГОАУДИТ И РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ**

П.А. КРАСИЛЬНИКОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Проблема энергосбережения является одной из наиболее важных для современной экономики. В России она особенно актуальна, так как расход энергии на единицу внутреннего валового продукта в стране в среднем выше на 30 %, чем в развитых странах, таких как Япония, Индия, Китай, страны Европы и т.д. Таким образом, можно говорить о наличии неэффективного и расточительного использования энергетических ресурсов в нашей стране. При таком значительном энергопотреблении России будет сложно оставаться конкурентоспособным государством. А при вступлении в ВТО нашей стране просто необходимо снижать потребление энергии.

В России постоянно совершенствуется законодательная база, принимаются общефедеральные законы, различные региональные программы, открываются фонды энергосбережения и центры энергоэффективности. Действующий Федеральный закон от 23.11.2009 № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» определяет комплекс правовых, экономических и организационных мер, направленных на стимулирование энергосбережения и повышение энергетической эффективности.

Для достижения рационального использования топливно-энергетических ресурсов существует множество мероприятий, в том числе первый шаг в энергетическом обследовании – энергоаудит, результаты которого позволяют провести анализ состояния энергопотребления и определить потенциальные возможности экономии энергоресурсов.

В работе проводится энергетическое обследование корпуса Д КГЭУ, с целью оценки энергопотребления и разработки организационно-технических мероприятий для снижения энергетических затрат. По результатам энергетического обследования Д корпуса КГЭУ будет разработан энергетический паспорт, который отражает технические особенности энергопотребления здания и содержит организационные особенности управления энергоресурсами.

УДК 621.316.9

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЕ MATLAB**

М.З. НУРГАЛИЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.В. ВАГАПОВ

С изолированной или с компенсированной нейтралью в России работают сети 6, 10 и 35 кВ, их протяженность превышает 2 млн км. По данным многолетних наблюдений установлено, что наиболее частым видом повреждений в сетях с изолированной нейтралью является замыкание одной фазы на землю (ОЗЗ). Эти замыкания возникают вследствие большого количества факторов: перекрытия изоляции, обрыва провода воздушных линий и т.д.

Быстрое обнаружение повреждения в сетях является одной из важных задач по обеспечению бесперебойности потребителей электроэнергии.

Однофазное замыкание на землю должно быть ликвидировано быстро, поскольку может перейти в двух- и трехфазное короткое замыкание, а от появляющейся в месте повреждения электрической дуги могут возникнуть перенапряжения, приводящие часто к пробоям на другом участке сети.

Возникает необходимость определения ОЗЗ. Данную задачу возможно решить составлением модели на программной платформе MatLab. Проблема рассматривается для различных схем электроснабжения (радиальная, магистральная, кольцевая), варьируя количеством и мощностью трансформаторов, сечением и длиной питающих линий. На основании полученных результатов, анализируя амплитуду и частоту высших гармоник, можно определить место появления ОЗЗ.

УДК 621.311

## **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЗОНОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

А.Л. ОСИНЦЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

В последние 15 лет область применения озона значительно расширилась, и во всем мире интенсивно ведутся новые разработки и исследования. Бурному развитию технологий с использованием озона способствует его экологическая чистота. В отличие от других известных окислителей озон в процессе реакции образует предельные оксиды. При этом неиспользованный озон разлагается на атомарный и молекулярный кислород. Все эти продукты, как правило, не загрязняют окружающую среду и не приводят к образованию канцерогенных веществ, как, например, при окислении хлором или фтором.

Озонирование – экологически чистая технология очистки, основанная на использовании газа-озона, сильного окислителя. Озон образуется в результате диссоциации молекулы кислорода в результате воздействия энергии электронов, движущихся между электродами через разрядный промежуток. После взаимодействия с загрязняющими химическими и микробиологическими веществами озон превращается в обычный кислород.

В пищевой промышленности озон способствует удлинению сроков хранения продуктов, в особенности скоропортящихся (свежих овощей и фруктов), зерна, молочных продуктов, мяса, яиц и т. д.; дезинфицирует поверхности, воздух в помещении, уничтожает вредоносные микроорганизмы.

На данный момент существуют множество различных схем генераторов электросинтеза озона как с импульсным коронным разрядом, так и барьерным разрядом в объеме или поверхностным (скользящим) барьерным разрядом. Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность электросинтеза озона, являются удельные энергозатраты – мощность газового разряда, отнесенная к расходу газа.

В работе рассматриваются вопросы теоретического обоснования и разработки с минимальными энергозатратами и с высокими технологическими показателями. По результатам исследования разработана озоновая установка для обеззараживания пищевых продуктов и складских помещений.

УДК 621.311

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Н.И. РОЖЕНЦОВА, КГЭУ, г. Казнь

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Т.Х. МУХАМЕТГАЛЕЕВ



Любое промышленное производство связано с использованием энергоресурсов, и именно эта часть затрат достаточно часто расходуется недостаточно эффективным образом. В настоящее время промышленные предприятия России тратят на единицу выпускаемой продукции в несколько раз больше электроэнергии, чем аналогичные производства в Америке или Европе. Кроме того, тенденция к уменьшению потерь тепловой и электрической энергии в нашей стране не может считаться актуальной и высокоэффективной. Именно поэтому вопросам энергосбережения на предприятии должно уделяться особенно пристальное внимание. И главным направлением проведения данной работы должен являться эффективный энергоаудит.

Проведение энергоаудита на предприятии позволяет решать сразу несколько наиболее важных проблем. Прежде всего – это выявление основных и второстепенных источников неоправданного расхода и потерь электро- и теплоэнергии. Во-вторых, проведение энергетических обследований позволяет разрабатывать комплекс полномасштабных мероприятий, направленных на устранение всех обнаруженных недостатков. И, в-третьих, на заключительном этапе обследования разрабатывается высокоэффективная программа работы в кратко- и долгосрочной перспективе, которая позволит существенно снизить энергозатраты производства за счет экономии и более рационального использования электрической и тепловой энергии.

В ряду технологий, которые дают наиболее значительный энергосберегающий эффект, эксперты называют парогазовые установки, эффективные котельные установки, частичную децентрализацию теплоснабжения в зонах с низкой плотностью тепловых нагрузок, модернизацию электрических сетей, совершенствование технологий нефтепереработки, повышение эффективности транспортировки природного газа и утилизацию попутного, эффективные окна и технологии зданий и квартир, также применение энергосберегающих источников света, установку приборов учета.

УДК 621.311

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ НУЖД ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Т.Г. СЕМЁНОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. ФЕТИСОВ

Целью работы является экономическое обоснование целесообразности применения солнечных батарей в системах горячего водоснабжения (ГВС) и освещения мест общего пользования.

Несмотря на то, что возможность использования солнечной энергии для нужд потребителей жилых зданий существовала достаточно давно, актуальность свою она стала приобретать с момента существенного подорожания традиционных энергоносителей (прежде всего – газа).

Принцип действия солнечных батарей состоит в прямом преобразовании солнечного света в электрический ток. При этом генерируется постоянный ток. Энергия может использоваться как напрямую различными нагрузками постоянного тока, так и запасаться в аккумуляторных батареях для последующего использования или покрытия пиковой нагрузки, а также преобразовываться в переменный ток напряжением 220 В для питания различной нагрузки переменного тока.

Виды солнечных батарей:

гелиоэлектростанции (ГЕЭС) – это солнечные установки, которые используют сконцентрированное солнечное излучение как источник энергии для приведения в действие тепловых агрегатов;

солнечные коллекторы (СК) – это основанные на действии солнечной энергии низкотемпературные нагревательные конструкции;

фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) – они представляют собой полупроводниковые устройства, которые непосредственно преобразуют энергию солнца в электрическую.

УДК 621.31

## **ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТ – ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Р.А. СИТДИКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время в России и других странах наблюдается ежегодное увеличение энергопотребления (около 2 % в год), одновременно с этим растет и цена за электроэнергию, что негативно сказывается на потребителях. Поэтому актуальной является задача разработки новых генерирующих устройств, не требующих сжигания топливно-энергетических ресурсов и расположенных рядом с потребителями.

Одним из таких источников является пьезоэлектрический генератор (ПГ), который является альтернативным и экологически чистым источником

энергии. Этот способ генерации позволяет получать и хранить энергию, которая обычно растрачивается напрасно. Принцип генерации основан на прямом пьезоэффекте. Генерация электрического заряда начинается во время механического воздействия на пьезоэлемент. Преимущества использования ПГ по сравнению с другими устройствами в области производства энергии в том, что при их эксплуатации не требуется выделения дополнительной территории под застройку, не наносится ущерб окружающей среде, система работает независимо от погодных условий. Как показывает статистика, наибольшее распространение получил следующий способ установки ПГ: закладка под дорожное полотно или под рельсы железной дороги. В этом случае источником энергии является давление, которое оказывает на поверхность движущийся автомобиль или поезд. Эффективность работы пьезоэлектрического генератора можно повысить, производя энергию в непосредственной близости от потребителя, что позволяет достичь дополнительной экономии средств и материалов.

Нами предлагается обосновать и разработать систему ПГ для установки в оживленных коридорах, холлах с большим потоком людей. С учетом того, что поток проходящих людей в оживленных помещениях значителен, то это позволит получать дополнительную энергию, которую можно использовать для освещения зданий, помещений и прилегающих территорий.

УДК 621.313

## **ИЗМЕРЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ В СЕТЯХ С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ**

А.А. СЕМЁНОВ, ТГУ, г. Тольятти

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

В большинстве приборов, ориентированных на измерение показателей качества электроэнергии (ПКЭ), используются интервалы усреднения  $T_{\text{уср}}$ , регламентированные нормами ГОСТ 13109-97. При этом пользователю доступна информация только о целочисленных гармониках, а усреднения результатов расчета гармоник на трехсекундном интервале не позволяют проследить динамику изменений гармоник.

При нестабильных режимах нелинейной нагрузки в спектрах тока и напряжения кроме кратных основной частоте гармоник содержатся также промежуточные гармоники. Для наблюдения за этими гармониками окно

разложения сигнала в ряд Фурье  $T_w$  следует принимать повышенным по сравнению с периодом основной частоты.

В стандарте МЭК IEC 61000-4-7 рекомендуется для применения окно  $T_w = 0,2$  с, при этом становится доступной информация о девяти спектральных промежуточных линиях между соседними целочисленными гармониками. Формула эквивалентирования пяти спектральных линий тока до и после целочисленной гармоники  $n$  имеет вид

$$I_n = \sqrt{\frac{I_{n-0,5}^2}{2} + \sum_{i=-4}^4 I_{n+\frac{i}{10}}^2 + \frac{I_{n+0,5}^2}{2}},$$

где весовой коэффициент 0,5 в первом и третьем членах учитывает вклад этих спектральных линий в обе равноудаленные целочисленные гармоники.

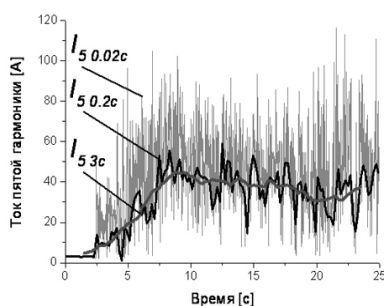


Рис. 1. Действующие значения тока пятой гармоники фазы «А», определенные на скользящих интервалах обработки длительностью 0,02 и 3 секунды

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразном внесении соответствующих изменений в программное обеспечение приборов для измерения ПКЭ в сетях с нестабильной нелинейной нагрузкой.

УДК 621.311

## РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

И.С. МИРОНОВА, А.Н. ХАМИТОВ, М.А. GERMANOV, (ф) УГНТУ,  
г. Салават

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

На предприятиях нефтегазовой отрасли, ввиду высокой опасности обращающихся в технологических циклах веществ, отказ электрооборудования может привести к созданию аварийных ситуаций, сопровождающихся значительным ущербом. Применение интегральных критериев определения технического состояния электрооборудования,

оценки ресурса и рисков позволяет существенно повысить безопасность эксплуатации электрохозяйства предприятий, организаций и учреждений.

Результаты экспериментальных исследований показывают наличие взаимосвязи между техническим состоянием электрооборудования и параметрами генерируемых им высших гармонических составляющих токов и напряжений. На основании использования теории распознавания образов и параметров гармоник токов и напряжений для идентификации характера дефекта оборудования предложен диагностический параметр  $D$ :

$$D = f(K_{I(k)}) = f(w_1 K_{I(1)} + w_2 K_{I(2)} + w_3 K_{I(3)} + \dots), \quad (1)$$

уровень накопления поврежденности оборудования оценивается параметром:

$$P_{(t)} = 20 \lg \left( I_{(1)} / \sqrt{\left( \sum_{k=1}^n I_{(k)}^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \right), \quad (2)$$

и для оценки ресурса оборудования предложен параметр  $P_{(t)}^*$ :

$$P_{(t)}^* = f(P_{(t)}) = f(w_1 P_{(t1)} + w_2 P_{(t2)} + w_3 P_{(t3)} + \dots). \quad (3)$$

В основу интегрального критерия  $J$  определения технического состояния оборудования, оценки ресурса и рисков положены факторы  $J_i$ : показатель пожарной опасности, уровень накопления поврежденности  $P_{(t)}$ , показатель риска, степень значимости оборудования, срок службы. Весомость  $\delta_i$  факторов определяется методами ранжирования и экспертных оценок.

$$J = \sum_{i=1}^n \delta_i \times J_i, \quad (4)$$

абсолютный показатель  $K$  с учетом материального ущерба при аварии  $Y$ :

$$K = \dots \quad (5)$$

УДК 621.311

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ СРЕДСТВАМИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.Т. МУХАМЕТГАЛЕЕВА, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Электропривод – это электромеханическая система, предназначенная для приведения в движение рабочих органов машин и управления этим движением. Современный электропривод осуществляет практически все технологические операции, связанные с преобразованием электрической

энергии в механическую, используется во всех сферах хозяйства, потребляет более 65 % вырабатываемой электроэнергии.

Основная тенденция в мировой практике - переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому в различных технологиях, где традиционно применяется нерегулируемый электропривод, в первую очередь в системах водо-, и воздуходообеспечения, в целях резкого повышения качества осуществляемых электроприводом технологических операций и радикальной экономии электроэнергии.

Причины, которые обусловили эту тенденцию:

- возросшая стоимость энергоресурсов;
- появление технических возможностей (силовые транзисторные модули, совершенные микропроцессорные средства и преобразователи частоты на их основе).

Частотно-регулируемый асинхронный электропривод будет удерживать прочные позиции, так как:

- в его основе лежит прекрасно отработанный более чем за 100-летнюю историю асинхронный двигатель с КЗ ротором, появляются специальные версии двигателей для работы с преобразователями частоты;
- электропривод сохраняет работоспособность при неисправности преобразователя (прямое включение);
- в преобразователи частоты в мире вложены громадные средства, у нас начали производиться отличные, адаптированные к нашим условиям преобразователи частоты;
- разработаны совершенные версии такого электропривода (векторное управление, прямое управление моментом).

## **СЕКЦИЯ 8. ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И ДВИГАТЕЛИ**

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ДРОССЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА БАЗЕ ТГ-16М**

А.А. ВОЛКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Процесс расчета турбомашин существенно упрощается при использовании принципов моделирования. Это позволит максимально использовать опыт, накопленный при расчете газовых турбин, в создании математических моделей различных процессов в ГТУ. В последнее время все чаще используют методы математического моделирования, и только после этого проводят натурный.

В данной работе рассмотрена математическая модель дроссельных характеристик, созданная при помощи автоматизированной системы газодинамического расчёта энергетических турбомашин АС ГРЭТ на базе ТГ-16М.

В работе рассматриваются методика и результаты расчетов дроссельных характеристик. Исследуемый ТГ представляет собой малоразмерный двигатель, характеристики которого, вычисленные по программе автоматизированной системы газодинамического расчёта энергетических турбомашин АС ГРЭТ, сопоставлены с натурными данными. Создана математическая модель дроссельных характеристик ТГ-16М. Также в ближайшее время готовится к запуску лабораторная установка «мини-ТЭЦ» на базе ТГ-16М для замера данных, которые будут показывать более полную картину дроссельных характеристик.

По результатам исследований получены зависимости, характеризующие эффективность моделирования климатических характеристик на базе ТГ-16М.

УДК 621.438

**ПАРОГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ  
С ТУРБОКОМПРЕССОРНЫМ ТЕПЛОМ НАСОСОМ**

Д.Д. ЗАРИПОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. А.В. ТИТОВ

Для широкомасштабного внедрения теплового насоса (ТН) в ТЭЦ, важнейшей предпосылкой являются достаточно большие объемы теплоты, выбрасываемые в градирнях (даже при минимальном пропуске пара в конденсатор), а также дымовых газов и т.д. С помощью ТН можно передать большую часть этой СТ в теплосеть (около 50–60 %). При этом на производство этой теплоты не надо затрачивать дополнительное топливо, улучшилась бы экологическая ситуация (тем самым снизилась бы оплата за тепловые выбросы), за счет понижения температуры циркуляционной воды в конденсаторе турбин существенно улучшится вакуум и повысится электрическая выработка с турбин, в свою очередь сократились бы потери циркуляционной воды и затраты на ее перекачку. Таким образом, масштабы внедрения ТН в ТЭЦ могут быть весьма значительными. Но климатические условия нашей страны заставляют нас в некоторых случаях отказаться от разработок базовых ТН. Это связано с тем, что базовые ТН имеют склонность к снижению коэффициента преобразования при увеличении тепловой нагрузки, также в них сложно утилизировать СТ с большим расходом, а ТЭЦ в большинстве случаев имеют такие потоки. Поэтому предлагается использовать турбокомпрессорный тепловой насос (ТТН), работающий по циклу Лоренца, в котором можно получить коэффициент преобразования 2,5–3,2 и греющую температуру более 300 °С, что и благоприятно в условиях нашего климата. Также для создания ТТН можно использовать авиационный двигатель, снятый с летного ресурса, и на его базе создать ТН замкнутой схемой, который может утилизировать колоссальное количество СТ от промышленных предприятий и ТЭС.

Вышесказанные идеи рассматривались на идеализированном ТТН, но на конкретном примере не исследовались. Поэтому с помощью программного комплекса ГРАД были составлены и построены математические модели схем ПГУ-ТЭЦ с ТТН, по которым проводились исследования, в результате которых были определены оптимальные параметры и эффективность данных схем.

УДК 621.438

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА БАЗЕ ТГ-16М**



Н.Т. УСМАНОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. А.В. ТИТОВ

На сегодняшний день научные исследования требуют подтверждения не только расчетами, но созданием математической и натуральной модели. Кафедра ГТУиД при КГЭУ создала программное обеспечение «АС ГРЭТ», при помощи которого возможно создание математической модели ГТУ. Также она имеет стенд «мини-ТЭЦ» на базе ТГ-16М, который позволяет проводить исследования различных характеристик.

Была поставлена задача создания математической модели климатических характеристик ТГ-16М. Расчёт проводился на математической модели, созданной с помощью автоматизированной системы газодинамического расчёта энергетических турбомашин (АС ГРЭТ).

В данной работе рассмотрено влияние климатических характеристик на работу турбогенератора. Это дает возможность выбора оптимального режима работы турбогенератора.

По результатам исследований получены зависимости, характеризующие эффективность моделирования климатических характеристик на базе ТГ-16М.

УДК 621.438

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕПЛОУТИЛИЗИРУЮЩИЕ ТУРБОДЕТАНДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ С НИЗКОКИПЯЩИМИ РАБОЧИМИ ТЕЛАМИ**

А.М. ГАФУРОВ, КГЭУ, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. Б.М. ОСИПОВ

На магистральных газопроводах установлены сотни газотурбинных компрессорных станций со сбросом горячих газов в атмосферу. Такие ГТУ можно перевести в режим парогазовых установок с применением контуров с низкокипящими рабочими телами. Такую же схему можно применить для энергетических ПГУ малой мощности.

Технология использования сбросной теплоты газотурбинных установок на основе парогазовых установок, где реализуется два рабочих цикла – газовый Брайтона и пароводяной Ренкина, достаточно хорошо разработана и

нашла широчайшее применение при выработке электроэнергии в большой энергетике.

Таким образом, для энергетических установок, утилизирующих низкопотенциальную энергию, применяют низкокипящие рабочие тела (НРТ), которые имеют достаточно высокие давления насыщенных паров при низких температурах, и поэтому давно привлекают внимание разработчиков в различных областях энергетики и, в частности, в геотермальной энергетике. В качестве НРТ применяют фреоны, водный раствор аммиака, пентан, изопентан, бутан, изобутан и др. Аналогами газовых турбин, применяемых в контурах с НРТ, являются турбодетандерные установки, предназначенные для охлаждения газа при его расширении с совершением внешней работы.

Создание теплоутилизирующих энергетических установок, использующих сбросную теплоту камер сгораний, решает ряд важных задач, прежде всего в проблеме энергосбережения. Такие установки позволяют без затрат дополнительного топлива полностью обеспечить дешевой электроэнергией для собственных технологических нужд (от 1 до 1,5 МВт), а также производить электроэнергию на продажу во внешнюю сеть. Кроме того, утилизация сбросной низкопотенциальной энергии позволяет уменьшить уровень теплового загрязнения окружающей среды.

УДК 621.438

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВПРЫСКА РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК**

Г.Е. МАРЬИН, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время на тепловых электрических станциях России преобладают паротурбинные установки, тогда как во всех промышленно развитых странах широко используются комбинированные парогазовые установки (ПГУ), работающие по бинарному циклу.

В последние годы газотурбинные установки (ГТУ) с впрыском пара получают все более широкое применение как энергетические установки средней и большой мощности.

Один из путей развития ГТУ – впрыск пара в различные сечения проточной части.

В данной работе рассматривается методика вычисления теплового расчета параметров ГТУ с учетом впрыска пароводяной смеси в газовую

турбину. Дан анализ местам подвода пароводяной смеси и анализ эффективности этих мероприятий.

По результатам исследований получены зависимости изменения термодинамических параметров, характеризующие эффективность впрыска.

Расчёт эффективности впрыска пара проводился на математической модели, созданной с помощью автоматизированной системы газодинамического расчёта энергетических турбомашин (АС ГРЭТ).

УДК 536:629

## **ФОРСУНКА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

К.В. АЛТУНИН, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. ГОРТЫШОВ;  
канд. техн. наук, проф. Ф.Н. ДРЕСВЯННИКОВ

В докладе представлена новая разработанная автором струйная форсунка газотурбинного двигателя (ГТД), обладающая повышенными характеристиками по надёжности, долговечности, ресурсу, мощности и др. (заявка на изобретение РФ № 2010131319 от 26 июля 2010 г.).

Созданная форсунка является разборной и компактной. В корпусе форсунки имеются отдельные, не сообщающиеся цилиндрические топливоподающие каналы, в каждом из которых размещён клапан подачи (отключения подачи) горючего, микродатчик вертушечного типа контроля расхода горючего и степени закоксованности топливного канала, упорная вставка с каналом для микродатчика вертушечного типа и конусным гнездом для клапана, съёмный топливный сетчатый фильтр, установленный стационарно. Крепёжные контакты топливного сетчатого фильтра (или фильтров) выполнены из теплоизоляционных и герметичных материалов. Форсунка содержит заменяемые, съёмные, независимые центробежные распылители, установленные стационарно в области лопаток завихрителя. Разработана индивидуальная система контроля и управления за подачей и расходом окислителя (воздуха), за поступлением горючего в центробежные распылители, за стехиометрическим соотношением горючего и окислителя (воздуха), за степенью закоксованности топливоподающих каналов и деталей форсунки. Обеспечена возможность варьирования мощности форсунки при соблюдении оптимального стехиометрического соотношения горючего. Использован новый способ предотвращения твёрдого углеродистого осадка

путём охлаждения ответственных деталей до температуры 373 К и менее при помощи регенеративного наружного охлаждения корпуса форсунки горючим, протекающим в кольцевом форсуночном коллекторе, а также при помощи теплоизоляции корпуса и отражателя форсунки специальными теплоизоляционными материалами. Форсунка может работать на любых жидких и газообразных углеводородных горючих. Конструктивно обеспечена возможность ремонта и замены ответственных закоксованных деталей форсунки без съёма энергоустановки многоразового использования для отправки на ремонтный завод.

УДК 536

## **НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

И.Р. АДИАТУЛЛИН, А.В. ЕРМОЛАЕВ, Д.В. МАХАНЬКО,  
И.Р. СУЛТАНОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань  
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.А. АЛТУНИН

Дизельные поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) широко применяются в сухопутных, речных (морских) транспортных средствах, а также в качестве подвижных (стационарных) энергосиловых установок. Существующие образцы таких ДВС обладают рядом недостатков, связанных с ограничением ресурса, с проблемами жидкостного охлаждения и маслоподвода, с большим весом, с большим расходом жидкого углеводородного горючего (УВГ) марки ДТ, с проблемами запуска в зимнее время года и др.

В докладе подробно рассмотрены сравнительные характеристики отечественных и зарубежных дизельных ДВС, показаны статистические данные причин преждевременного выхода из строя и уменьшения межремонтного ресурса. На основе анализа научно-технической, патентно-лицензионной литературы и эксплуатационных данных намечены пути дальнейшего совершенствования отечественных дизельных поршневых ДВС. Большое внимание в докладе уделено планированию и проведению экспериментальных исследований с жидкими и газообразными УВГ, а также с их смесями в условиях естественной и вынужденной конвекции в широком диапазоне параметров по давлению и температуре. Подробно показаны перспективные пути совершенствования систем топливоподачи и охлаждения, систем подогрева и запуска. Раскрыты и классифицированы

пути борьбы с негативными процессами в жидких и газообразных УВГ, которые разделены на существующие и перспективные, на пассивные (заложенные уже в процессе конструирования ДВС) и активные (реализуемые в ходе эксплуатации ДВС), а также активно-пассивные, включая систему контроля и управления. Рассмотрены вопросы возможной утилизации механической и тепловой энергии дизельных ДВС, работающих в подвижных и стационарных условиях транспорта и малой энергетики.

Доклад сопровождается иллюстрационным материалом и новыми конструктивными схемами различных деталей, узлов и агрегатов перспективных дизельных ДВС повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, эффективности, экономичности и экологичности.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

### НАПРАВЛЕНИЕ: ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

#### СЕКЦИЯ 1. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

<b>Бабушкин Н.А.</b> Вариант расширения мощности Мутновской ГеоЭС. ....	3
<b>Бичков А.В.</b> Математическая модель ветроэлектрической установки с электромеханическим нагревателем индукторного типа . .	4
<b>Васильева А.Ю.</b> Перспективные методы утилизации специальных отходов: фенольной смолы и полимерной массы . . . . .	5
<b>Жаксыбай Л.М., Мусагулов Ш., Арапова Н.К.</b> Ресурсосберегающие способы термофрикционной обработки с импульсным охлаждением. ....	6
<b>Задина А.И.</b> Перспективные методы очистки сточных вод гальванического производства. ....	7
<b>Ибрагимова З.А.</b> Усовершенствование системы биологической очистки сточных вод Васильевского ЖКХ. ....	8
<b>Кабирова Г.Р.</b> Усовершенствование системы очистки сточных вод предприятий производства молочных продуктов Удмуртии. ....	9
<b>Королёва Л.О.</b> Методы усовершенствования системы очистки в цехе производства аммиачной селитры. ....	10
<b>Косьянов В.А., Соловьев А.М.</b> О перспективном нетрадиционном решении вопросов энергетики при производстве буровых работ на твердые полезные ископаемые. ....	11
<b>Кривошеева А.Ю.</b> Модернизация системы очистки промливневых стоков ТЭС. ....	12
<b>Осипченко Т.И.</b> Технология утилизации шламов химводоочистки ТЭЦ. ....	13
<b>Подалолова А.Ю.</b> Система усовершенствования очистных сооружений на предприятии ООО «Бавлинское УТТ» . . . . .	14
<b>Рубцова И.А.</b> Модернизация системы очистки сточных вод на филиале ОАО «Вамин» «Казанский молочный комбинат». . . . .	15
<b>Салмин Р.С.</b> Внедрение очистных сооружений для очистки	

поверхностного стока на предприятии ОАО «КЗГА – ВЕСТА» . . . . .	16
<b>Сахабутдинова А.М.</b> Очистка жировых стоков на молочных предприятиях. . . . .	16
<b>Халитов А.З.</b> Переработка растительной биомассы в углеводородные смеси. . . . .	17
<b>Ягафарова Н.Т.</b> Метод ультрафиолетового обеззараживания сточных вод как альтернатива хлорированию на МУП «Водоканал», г. Казань. . . . .	18
<b>Мицкевич А.А.</b> Станция дозирования гипохлорита натрия. . . . .	19
<b>Демидов А.В.</b> Некоторые результаты регистрации радона в почве, воздухе и водных источниках в Казани и Приказанье. . . . .	21
<b>Thomas Streil, A. Demidov.</b> Radon studies in Saxony and Tatarstan: similarities and peculiarities. . . . .	22
<b>Титов Д.Е.</b> Разработка пилотного проекта энергосберегающего комплекса с использованием возобновляемых источников энергии для бюджетных организаций. . . . .	23
<b>Кокурина Ю.А.</b> Сотовая ветроэнергетическая установка для фермерского хозяйства, мощностью 10–110 кВт. . . . .	24
<b>Огурцов К.И.</b> Анализ природных ресурсов города Златоуст для развития нетрадиционных источников энергии. . . . .	25
<b>Чекменева О.С.</b> Внедрение электронейтрализационной установки в химическом цехе Заинской ГРЭС. . . . .	26

## СЕКЦИЯ 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ, ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИЙ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

<b>Бардаков О.А.</b> Повышение надежности силовых кабелей с пластмассовой изоляцией на среднее напряжение. . . . .	27
<b>Варганова Э.И.</b> Перспективы использования нанотехнологий для получения новых фильтрационных материалов . . . . .	28
<b>Васильев И.С.</b> Полимерные изоляционные материалы для космических аппаратов. . . . .	29
<b>Вафина С.Д., Аристов И.В., Петров В.А.</b> Альтернативный способ очистки моторных топлив от сернистых соединений. . . . .	30
<b>Ерёменко К.С.</b> Повышение пожаробезопасности кабельной арматуры. . . . .	32

<b>Запылкина В.В., Фаткуллин М.Р., Морозов А.Н.</b> Использование остатка висбрекинга в энергетическом, металлургическом и коксовом производствах. . . . .	33
<b>Калашников А.В., Сироткин О.С., Довыденков В.А.</b> Исследование структуры композиционных материалов на основе соединений меди, алюминия, кислорода и углерода методом электронной микроскопии. . . . .	34
<b>Касымбаева М.М.</b> Определение технологической устойчивости изоляции эмалированных проводов. . . . .	35
<b>Супуева А.С.</b> Влияние адгезионной прочности на процесс дефектообразования межвитковой изоляции. . . . .	36
<b>Такеева Б.М.</b> Расчет количества теплоты, затраченной на нагрев изоляции провода ПЭТ-155 $d_0 = 1,00$ мм. . . . .	37
<b>Тизлов А.С.</b> Метод синтеза нанодисперсных порошков с использованием внутрикамерных процессов реактивных двигателей. .	38
<b>Рахматуллин И.А., Пак А.Я.</b> Рентгеноструктурный анализ продукта динамического синтеза в системе В–С–N. . . . .	39
<b>Сухушина Д.В.</b> Измерение импульсного давления при двухстороннем магнитно-импульсном прессовании. . . . .	40
<b>Чугунова М.В.</b> Стабильный треугольник NaF–CsCl–CsBr четырёхкомпонентной взаимной системы Na, Cs  F, Cl, . .	41
<b>Мезенцев К.В., Исакова И.В.</b> Термочувствительные пигменты на основе тиоцианатных комплексов хрома (III). . . . .	42
<b>Воробьев И.С.</b> Катодный материал литиевого аккумулятора. . . .	44
<b>Решетников Д.А.</b> Катодные материалы на основе $LiFePO_4$ . . . . .	45
<b>Бунтин А.Е., Шibaев П.Б.</b> Прогнозирование свойств органических полимеров на основе их тонкой электронно-ядерной микроструктуры. . . . .	46

### СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

<b>Ялалов И.Р.</b> Герметизированный трансформатор. . . . .	47
<b>Филина О.А.</b> Применение спектральных методов для диагностирования объектов городского электрического транспорта. . .	48
<b>Ахмадуллина А.Р., Мухамутьянов М.Р., Малахинский С.В.</b> Контактная сеть. . . . .	49



<b>Хамитов А.А., Хамидуллин Р.Д., Иванов Д.Н.</b> Нормирование и снижение потерь в электрических сетях: проблемы и пути решения. . . . .	50
<b>Иванов Д.Н., Хамидуллин Р.Д., Хамитов А.А.</b> Пункт автоматического регулирования напряжения. . . . .	51
<b>Дербенев А.П., Малахинский С.В., Юсупов И.И.</b> Влияние реактивной мощности на отдельные показатели работы энергосистемы. . . . .	52
<b>Хамидуллин Р.Д., Хамитов А.А., Иванов Д.Н.</b> Многопроцессорные модульные комплексы управления энергосистемами. . . . .	53
<b>Губайдуллина З.И., Рахманова Ю.В.</b> Влияние изменения немагнитного промежутка в ферромагнитных устройствах. . . . .	54
<b>Шишков Е.М., Танаев А.В., Зверев С.А.</b> Математическое моделирование процессов повторного возбуждения сварочной дуги. . . . .	55
<b>Лазарев И.С., Шкаберин А.В., Лопухов Д.И., Хуснутдинов А.Н.</b> Электроснабжение железнодорожного транспорта. . . . .	56
<b>Максимов Р.Е., Газизова Г.Г.</b> Коммутирующая способность электрощеток. . . . .	57
<b>Ибрагимов А.А., Хуснутдинов А.Н., Максимов Р.Е.</b> Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания. . . . .	57
<b>Лопухов Д.И., Рюмин Е.В., Ахмадуллина А.Р., Мухамутьянов М.Р.</b> Автоматизированные электромеханические системы. . . . .	58
<b>Шкаберин А.В., Хуснутдинов А.Н., Максимов Р.Е.</b> Оптимизация режима реактивной мощности потребителя с учётом компенсирующей способности синхронных электродвигателей. . . . .	59
<b>Юсупов И.И., Адигамова А.Н., Рюмин Е.В.</b> Потери в электрических системах, обусловленные потреблением активной и реактивной мощности. . . . .	60
<b>Зияева Н.М.</b> Обеспечение качества при производстве самонесущих изолированных проводов на кабельном предприятии. . . . .	61
<b>Ахметов Р.Р.</b> Современные асинхронные электродвигатели серии 4А и 5А. . . . .	62

## СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА

<b>Андреева Н.В.</b> Влияние погрешностей измерений на качество функционирования системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» . . . . .	63
<b>Ахунов Д.Д.</b> Экспериментальное оценивание точности функционирования системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» . . . . .	64
<b>Газизов Э.Г.</b> Релаксометр ядерного магнитного резонанса на резонансной частоте 9,2 МГц для анализа структуры, состава нефти, топлив и природных битумов. . . . .	65
<b>Ганиев Р.Н.</b> Электропривод шприцмашин на основе двухзвенных преобразователей частоты. . . . .	66
<b>Латипов И.Р.</b> Критерии эффективности и качества функционирования электротехнических комплексов. . . . .	67
<b>Лукин А.А., Николаев А.А.</b> Проблемы энергосбережения в системах электроснабжения прокатных станов. . . . .	68
<b>Малацион А.С.</b> Обзор механизмов формирования расщепленного сигнала спинового эха в ядерно-магнитном резонансе текущей жидкости. . . . .	69
<b>Матвеев Е.Л., Слепец И.А.</b> Лабораторный стенд «Исследование вентильных двигателей». . . . .	70
<b>Набиуллин Л.К.</b> Пьезоэлектрический преобразователь. . . . .	71
<b>Паймурзов Е.Г.</b> Исследование работы зависимого инвертора тока в зоне нулевой скорости. . . . .	72
<b>Слепец И.А., Матвеев Е.Л.</b> Лабораторный стенд «Исследование шаговых гибридных двигателей» . . . . .	73
<b>Смирнов А.А.</b> Моделирование наблюдателя координат состояния ротора асинхронного двигателя с учетом распределенности параметров. . . . .	74
<b>Мваку У.М.</b> Автоматизированные системы управления технологическими процессами как основа автоматизации технологических процессов. . . . .	75
<b>Mwaku W.M.</b> Automatic production and technology processes in the industrial heat engineering process. . . . .	76
<b>Козлова Л.Е., Тимошкин В.В., Глазырин А.С.</b> Диагностика обрыва фазы ротора асинхронного двигателя по токам статора с использованием искусственной нейронной сети. . . . .	77

**Самигуллин А.Р.** Структурно-параметрический синтез 78  
электротехнических комплексов в промышленной теплоэнергетике. .

## СЕКЦИЯ 5. ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

**Ахсанов М.М., Мазитов А.И., Коваленко В.В., Симаков А.В.**  
Исследование действительных характеристик режимов работы  
вентилятора ВДН-26-ПУ и дымососа Д-21,5<sup>3</sup>2У для котла ТГМ-84Б  
№ 1 Набережно-Челнинской ТЭЦ. . . . . 79

**Коваленко В.В., Ахсанов М.М., Мазитов А.И., Симаков А.В.**  
Определение фактических температур перегрева металла  
коллекторов конвективного подогревателя при пуске парового котла  
ТГМ-84. . . . . 80

**Хусаинов Д.Г.** Исследование температурного поля в топке  
парового котла ТГМ-84Б. . . . . 81

**Гильфанов Р.Г.** Исследование температуры топки парового  
котла контактным способом. . . . . 83

**Салахутдинов И.М.** Тепловая модель асинхронного  
электродвигателя. . . . . 84

**Сафиуллин Р.Л., Губайдуллина З.И.** Изучение тепловых  
процессов в вакуумном контакторе. . . . . 85

**Монда В.А.** Способы наружного охлаждения технологических  
труб двойного назначения с внутренним нагревом. . . . . 86

**Монда В.А., Щиголев А.А., Попов А.Ю., Яновская М.Л.**  
Тепловые процессы в трубчатых каналах рубашек охлаждения  
энергетических установок. . . . . 87

## СЕКЦИЯ 6. ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ

**Синютина Т.П.** Перспективы применения нанобиоцидной  
обработки в борьбе с биологическими обрастаниями открытых  
систем охлаждения. . . . . 88

**Бариева Р.Н.** Исследование количественного накопления  
тяжелых металлов в разных видах растений в г. Нижнекамске в  
условиях разной степени антропогенной нагрузки. . . . . 89

**Галеева М.Э.** Формирование базы данных как основа  
моделирования водных экосистем. . . . . 90

<b>Удачин С.А.</b> Нерестин – перспективный препарат для инъектирования рыб при их воспроизводстве. . . . .	91
<b>Калинина Е.В.</b> Качество вод р. Свяга в районе Ульяновской ТЭЦ-1 по микробиологическим и гидробиологическим показателям. .	92
<b>Удачина М.А.</b> Исследования биологии и экологии <i>Artemia salina</i> L. залива Карабогазгол в Туркменистане, проведенные на основании инкубации диапазитирующих яиц рачка. . . . .	93
<b>Гречухина Л.Г.</b> Антиоксидантная активность кормов для выращивания рыбы. . . . .	94
<b>Федянина А.В.</b> Антиоксидантная активность гидробионтов при различных технологических переработках. . . . .	95
<b>Гайнуллина А.Р.</b> Изменения в структуре жаберного аппарата и стенке кишечника гуппи после воздействия нанобиоцида. . . . .	96

## СЕКЦИЯ 7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА

<b>Даниленко П.П.</b> Прогнозирование электропотребления. . . . .	97
<b>Борисов С.Ю.</b> Автоматизированная система диспетчерского управления. . . . .	98
<b>Борисов С.Ю., Марулина И.В.</b> Образование и погасание открытой электрической дуги. . . . .	99
<b>Макеев М.С.</b> Создание модели автоматического регулятора возбуждения сильного действия АРВ-М. . . . .	100
<b>Кузнецов В.А.</b> Деление электроэнергетической системы для предотвращения развития системных аварий. . . . .	101
<b>Кретов Д.А.</b> Применение моделей трансформатора тока при компьютерном моделировании систем электроснабжения. . . . .	102
<b>Рахманова Ю.В., Губайдуллина З.И.</b> Выбор параметров полупроводниковых источников питания с высоковольтным выходом. . . . .	103
<b>Гумерова М.Б.</b> Электродинамические демпфирующие элементы с повышенной энергоемкостью. . . . .	104
<b>Исмагилов Р.Р., Горбунов А.С.</b> Полупроводниковый преобразователь частоты для электротехнологий. . . . .	106
<b>Хазиева Р.Т.</b> Индуктивно-емкостные преобразователи на основе многофункциональных интегрированных электромагнитных компонентов. . . . .	107

<b>Юмагузин У.Ф.</b> Использование нейронных сетей для оптимизации электропотребления техноценоза .....	108
<b>Горбачев Е.Е.</b> Компенсация реактивной мощности в сетях 6–10кВ. ....	109
<b>Зубарев Д.А.</b> Ресурсоэффективность бюджетных организаций муниципального образования. ....	110
<b>Вилявин Д.В.</b> Обзор причин нарушения устойчивости работы электропривода. ....	111
<b>Голяев Р.В.</b> Прогнозирование развития дефектов в твердой изоляции кабельных линий. ....	112
<b>Зигангиров И.А.</b> Анализ статистики повреждаемости силовых трансформаторов. ....	113
<b>Исхаков Р.Ш.</b> Вибродиагностика электрических двигателей ...	114
<b>Корнилов Д.Б.</b> Исследование метода регистрации частичных разрядов для диагностики состояния кабельных сетей .....	114
<b>Сиразетдинова Г.И.</b> Твердотельные источники света как способ энергосбережения. ....	116
<b>Семенов С.Л.</b> Спектральная диагностика кабельных линий ....	117
<b>Фомина И.Н.</b> Энергосберегающие мероприятия в электроприводе. ....	118
<b>Хакимзянов Д.З., Валеев А.С.</b> Многодвигательный электропривод. ....	119
<b>Шаймарданов Х.Ф.</b> Разработка программного обеспечения для обработки полученной информации .....	120
<b>Якимова В.Г.</b> Планирование потребления электроэнергии на ООО ПКФ «БЕТАР». ....	121
<b>Абдрахманов А.К.</b> Повышение КПД автономных источников энергии. ....	122
<b>Ахметов Б.Ф.</b> Частотный преобразователь с векторным управлением. ....	123
<b>Гиздуллин Р.М.</b> Разработка схем автоматизации когенерационных энергетических источников. ....	124
<b>Гузаеров Д.Ф.</b> Система электроснабжения малых форм аграрных предприятий на базе собственных возобновляемых источников. ....	125
<b>Зейнетдинов А.С.</b> Анализ эффективности применения индивидуального теплового пункта. ....	126

<b>Козлов М.О.</b> Эффективность применения теплового насоса в индивидуальном строительстве. . . . .	127
<b>Красильников П.А.</b> Энергоаудит и разработка энергосберегающих мероприятий . . . . .	127
<b>Нургалиев М.З.</b> Моделирование однофазных замыканий на программной платформе MatLab . . . . .	128
<b>Осинцев А.Л.</b> Обоснование конструкции и режимов работы озоновой установки для обеззараживания продуктов питания. . . . .	129
<b>Роженцова Н.И.</b> Актуальность энергосбережения в современной энергетике. . . . .	130
<b>Семёнов Т.Г.</b> Исследование эффективности использования солнечных батарей для нужд жилищно-коммунального хозяйства . . . . .	131
<b>Ситдииков Р.А.</b> Пьезоэлемент – источник электроэнергии. . . . .	132
<b>Семенов А.А.</b> Измерение гармонических спектров в сетях с резкопеременной и нелинейной нагрузкой. . . . .	133
<b>Миронова И.С., Хамитов А.Н., Германов М.А.</b> Разработка интегральных критериев оценки рисков в нефтегазовой отрасли . . . . .	134
<b>Мухаметгалеева А.Т.</b> Энергосбережение средствами частотно-регулируемого асинхронного электропривода. . . . .	135

## **СЕКЦИЯ 8. ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И ДВИГАТЕЛИ**

<b>Волков А.А.</b> Математическое моделирование получения дроссельных характеристик на базе ТГ-16М. . . . .	136
<b>Зарипов Д.Д.</b> Парогазотурбинные установки с турбокомпрессорным тепловым насосом. . . . .	137
<b>Усманов Н.Т.</b> Математическое моделирование получения климатических характеристик на базе ТГ-16М . . . . .	138
<b>Гафуров А.М.</b> Энергетические теплоутилизирующие турбодетандерные установки с низкокипящими рабочими телами . . . . .	139
<b>Марьин Г.Е.</b> Исследование влияния впрыска различных веществ на характеристики газотурбинных установок. . . . .	140
<b>Алтунин К.В.</b> Форсунка газотурбинного двигателя с повышенными характеристиками. . . . .	141
<b>Адиятуллин И.Р., Ермолаев А.В., Маханько Д.В., Султанов И.Р.</b> Некоторые пути совершенствования дизельных поршневых двигателей внутреннего сгорания. . . . .	142